

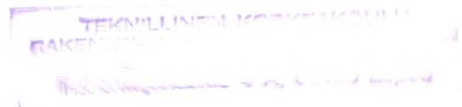
TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto

Palo- ja turvallisuustekniikka

Pekka Miettinen

OSASTOIVAT RAKENTEET PALORISKIEN HALLINNASSA



Diplomityö, joka on jätetty
tarkastettavaksi diplomi-insinöörin
tutkintoa varten Espoossa 07.12.1994.

Työn valvoja: Prof. Pekka Kanerva

Työn ohjaaja: Tekn. lis. Pekka Kallioniemi

Tekijä ja työn nimi: Pekka Miettinen	
OSASTOIVAT RAKENTEET PALORISKIEN HALLINNASSA	
Päivämäärä: 3.12.1994	Sivumäärä: 107
Osasto: Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto	Professuuri: Talonrakennustekniikka
Työn valvoja: Prof. Pekka Kanerva	
Työn ohjaaja: Tkl Pekka Kallioniemi	
<p>Työssä tarkasteltiin osastoivia rakenteita tulipalon leviämisen paloteknisestä osastosta toiseen estävänä rakenteina. Tarkoituksena oli tarkastella tällä hetkellä käytössä olevia materiaaleja ja järjestelmiä sekä koota nämä tiedot yhteen teokseen. Tarkoituksena oli selvittää myös eri osatekijöiden vaikutuksia palon leviämiseen syttymisosastosta ja löytää epäkohdat, joita parantamalla voitaisiin osastoinnin toimintavarmuutta lisätä. Näiden lisäksi tarkasteltiin osastoinnin investointipäätökseen vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Suomen Rakentamismääräyskokoelma (SRMK) määrittelee vähimmäistason osastoinnin rakentamiselle ja näillä määräyksillä pyritäänkin ensisijaisesti turvaamaan henkilöturvallisuus. Vakuutusyhtiöiden intresseissä on määräyksiä paremman osastoinnin rakentaminen, koska sillä voidaan vähentää suurten omaisuusvahinkojen riskiä.</p> <p>Osastoivien rakenteiden vaihtoehtoja tarkasteltiin rakennusosien, osastoivien ovien, lasirakenteiden ja läpivientien osalta. Työssä kartoitettiin markkinoilla olevat materiaalit ja järjestelmät sekä selvitettiin näiden hintataso. Tilastollisia keinoja käyttäen pyrittiin selvittämään eri osatekijöiden vaikutusta palon leviämiseen syttymisosastosta. Erityisesti osastoivien palo-ovien asentamiseen ja yksityiskohtien suunnitteluun sekä läpivientien tiivistämiseen tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota.</p> <p>Palotapauksia selvitettiin yksityiskohtaisesti, jotta saataisiin selville käytännössä palon leviämiseen vaikuttavat tekijät. Näissä selvityksissä havaittiin, että osastoivien rakenteiden yksityiskohtien ja korjausrakentamisen suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei osastointia mitätöidä.</p> <p>Työssä kehitettiin kaksi taulukkolaskentaohjelmaa, joiden tarkoituksena oli mallintaa osastoinnin investointipäätöstä. Mallissa otetaan huomioon osastoinnin rakennuskustannukset, vakuutusmaksut ja omavastuut sekä investointipäätökseen vaikuttavat vaikeasti rahassa mitattavat tekijät. Ensimmäisessä taulukkolaskentaohjelmassa lasketaan osastoinnin rakennuskustannukset, joissa huomioidaan myös korjausrakentaminen. Toisessa laskentaohjelmassa lasketaan osastoinnin vaikutukset vakuutusmaksuihin ja suoritetaan eri vaihtoehtojen kustannusvertailu vuositasona. Tässä toisessa ohjelmassa voidaan ottaa huomioon myös tapauskohtaiset, vaikeasti rahassa mitattavat tekijät.</p> <p>Työn lopussa on arvioitu osastoinnin parannusehdotuksia ja esitetty lisätutkimuksia vaativia kohtia sekä arvioitu kehitettyä osastoinnin investointipäätöksen mallintamista.</p>	

Author and the name of the thesis: Pekka Miettinen COMPARTMENTION STRUCTURES IN FIRE RISK MANAGEMENT	
Date: 3.12.1994	Number of pages: 107
Faculty: Civil Engineering and Surveying	Professorship: Structural Engineering and Building Physics
Supervisor: Mr. Pekka Kanerva, Professor Instructor: Mr. Pekka Kallioniemi, Tech.lic.	
<p>Compartmention structures was studied as last lines of defence concerning the fire spread from the department of ignition. The goal of this work was to gain information about compartmention structures at the moment and gather this information to one book. Other goal was to evaluate the effect of various components in compartmention structures to the spread of fire from compartment of ignition and to find the faults and means which would increase reliability of compartmention structures. A model which will imitate the proses of partitioning investment was developed.</p> <p>The Finnish Building Codes gives the minimum level to partitioning and the main function of these codes is to protect the human safety. Insurance companies are more interested in property management and partition is useable method to protect property. The insurance premium system is therefore built to encourage clients to invest to partitioning.</p> <p>Compartmention structures alternatives were examined by partitioning walls, fire walls, fire doors, glass structures and penetration sealing systems. Statistics were examined to evaluate the effect of various components to the spread of fire through partition. The results indicates that especially installion and designing of fire doors and penetration sealing installions are high-risk areas and these things should be researched thoroughly.</p> <p>Actual fire cases was studied to solve the complicated factors that are involved in spreading fire through partitioning. In these cases was discovered that detail designing of departmention structures and the joints of departmention structures are signifigant. The connection between compartmention and other structures is often ignored.</p> <p>Two spreadsheet computation programs were developed and these programs are a model which imitates the partition investment decision proses. Following aspects are taken into account in the model; partitioning building cost, insurance premium, deductible cost and other factors that are not measureble in money, but which have affect on partitioning investment decision. The other program calculates the building costs of deparmention structures. The other program calculates the insurance premiums and alternative partition solutions are compared by the cost per year.</p> <p>At end there is evaluated the improvment proposals that are produced in this study and thing that needs more research. In this study developed partitioning investment decision model is also estimated at the end.</p>	

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Teknillisen korkeakoulun Rakennus- ja maanmittaustekniikan osastolla. Tutkimus on tehty Teollisuusvakuutus Oy:n toimeksiannosta. Työn valvojana on toiminut talonrakennustekniikan professori Pekka Kanerva.

Työn ohjaajana toimi tekniikan lisensiaatti Pekka Kallioniemi Teollisuusvakuutus Oy:n johtava asiantuntija, jota kiitän avusta ja erittäin hyvästä yhteistyöstä.

Lisäksi haluan kiittää Teollisuusvakuutuksen ja muiden yritysten asiantuntijoita, jotka antoivat tietotaitonsa käyttöönsä ja auttoivat tämän diplomityön valmistumisessa.

Helsingissä 3.12.1994



Pekka Miettinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen ongelma-alue	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Toteutus	3
2	Osastoivia rakenteita koskevat määräykset ja ohjeet	4
2.1	Viranomaisten ja vakuutusyhtiöiden määräykset ja ohjeet	4
2.1.1	Rakennuksen paloluokka	4
2.1.2	Osastojen muodostaminen	6
2.1.3	Osastoivat rakenteet	9
2.1.4	Aukot osastoivissa rakenteissa	12
2.1.5	Palomuurit	13
2.1.6	Turvaetäisyydet	14
2.2	Teollisuusvakuutuksen omaisuusriskien arviointiohjeet	15
2.2.1	Yleistä	15
2.2.2	Osastojen muodostaminen	16
2.2.3	Rakennustapa	17
3	Rakenteiden yksityiskohtainen tarkastelu	19
3.1	Osastoivat seinärakenteet	19
3.1.1	Massiiviset osastoivat seinät	19
3.1.2	Kevyet osastoivat seinät	23
3.2	Osastoivat väli- ja yläpohjarakenteet	26
3.3	Ovet ja muut aukot	29
3.3.1	Osastoivat ovet	29
3.3.2	Osastoivat lasirakenteet	32
3.3.3	Osastoivan seinän läpäisevät kuljettimet	35
3.4	Läpiviennit	36
3.4.1	Kaapeliläpiviennit	36
3.4.2	Putki- ja ilmastointiläpiviennit	39
3.5	Rakennuksen lay-outin vaikutukset osastointiin	40
3.6	Osastoivien rakennusosien räjähdykskestävyys	41

4	Osastoivien rakenteiden toiminta vahinkotilastojen mukaan	43
4.1	Palovahinkoaineiston tarkastelu	43
4.2	Osastoivat rakenteet palovahinkotilastoissa	45
4.2.1	Osastoivien rakenteiden osuudet palovahingoissa	45
4.2.2	Osastoivat ovet	47
4.2.3	Kaapeliläpiviennit	50
4.3	Tilastotietojen arviointi	51
5	Eräiden palotapausten yksityiskohtainen tarkastelu	53
5.1	Tiilitehtaan palovahinko	53
5.1.1	Yleistiedot	53
5.1.2	Rakenneratkaisut	54
5.1.3	Palon kehittyminen	55
5.1.4	Osastoivien rakenteiden käyttäytyminen	56
5.1.5	Vahingot	57
5.1.6	Uudet rakenteet	57
5.1.7	Johtopäätökset	59
5.2	Kemianalan tehtaalla räjähdys ja palo	60
5.2.1	Yleistiedot	60
5.2.2	Rakenneratkaisut	61
5.2.3	Räjähdys ja sen jälkeinen palo	62
5.2.4	Räjähdysten ja palon vaikutukset osastoihin rakennusosiin	63
5.2.5	Räjähdysten ja palon aiheuttamat vahingot	65
5.2.6	Uudet rakenteet	66
5.2.7	Johtopäätökset	67
5.3	Tuotevaraston palo	68
5.3.1	Yleistiedot	68
5.3.2	Varastojen rakenteet ja etäisyys	69
5.3.3	Palon kehittyminen ja palokunnan toiminta	71
5.3.4	Varaston palon aiheuttamat vahingot	72
5.3.5	Uuden varaston rakenne ja sijoittuminen	72
5.3.6	Johtopäätökset	75
5.4	Vanhan sairaalarakennuksen palo	77
5.4.1	Yleistiedot	77
5.4.2	Vanhan rakennuksen rakenteet	78
5.4.3	Palon kehittyminen	79
5.4.4	Palomuurin ja muun osastoinnin käyttäytyminen	80
5.4.5	Palon aiheuttamat vahingot ja uudet rakenteet	81

5.4.6	Johtopäätökset	81
5.5	Asuinkerrostalon kattopalo	83
5.5.1	Yleistiedot	83
5.5.2	Kerrostalon rakenneratkaisut	83
5.5.3	Kattopalon kehittyminen	84
5.5.4	Palokatkon toiminta palossa	84
5.5.5	Katon palosta aiheutuneet vahingot	85
5.5.6	Vesikaton uudet osastoivat rakenteet	85
5.5.7	Johtopäätökset	86
6	Osastoinnin investointipäätös	88
6.1	Lähtötietojen määrittely	88
6.1.1	Investointipäätöksen lähtötiedot	88
6.1.2	Kustannuslaskentaohjelman rakenne	89
6.1.3	Kustannustietojen vertailu ja muut investointiin vaikuttavat tekijät	91
6.2	Esimerkkilaskelmat	93
6.2.1	Uuden tuotevaraston investointipäätös	93
6.2.2	ATK-laitetilan investointipäätös	97
7	Johtopäätökset	100
7.1	Osastoinnin suunnittelu	100
7.2	Palo-ovet	101
7.3	Läpivientien tiivistäminen	101
7.4	Osastoivien rakenteiden hyväksyntä	102
7.5	Osastoinnin kustannukset ja saavutettavat edut	102
7.6	Osastointi riskienhallinnan osana	103
8	Yhteenveto	104

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

1. Osastoivien rakenteiden yksikkökustannuksia
2. Osastoinnin investointipäätöksen mallilomakkeet
3. Tuotevaraston osastoinnin kustannuslaskelmat ja investointipäätös
4. ATK-salin osastoinnin kustannuslaskelmat ja investointipäätös

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen ongelma-alue

Tulipalon leviäminen rakennuksessa on kyettävä estämään, jotta henkilöturvallisuus voidaan saavuttaa ja omaisuusvahinkojen määrää voidaan rajoittaa. Rakennusten paloturvallisuuden vähimmäistaso on määritelty Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa (SRMK), jossa pyritään ensisijaisesti turvaamaan henkilöturvallisuus. Määräykset asettavat tiukat vaatimukset kantaville ja osastoiville rakenteille sekä rakennuksen poistumisteille. Näillä määräyksillä pyritään tulipalossa varmistamaan ihmisten turvallinen poistuminen rakennuksesta. Määräyksissä on asetettu rajoituksia mm. rakenteiden pintakerrosominaisuuksille, rakennuksen henkilömäärille, käyttötarkoitukselle, paloteknisten osastojen muodostamiselle sekä kantaville ja osastoiville rakenteille. Tässä diplomityössä keskitytään tarkastelemaan osastoivia rakenteita palonleviämisen estävinä rakenteina.

Osastoinnin osalta määräykset jakautuvat pinta-alaosastointiin, kerrososastointiin ja käytötapaosastointiin. Selvin näistä osastoinnin muodoista on pinta-alaosastointi, joka toteutetaan SRMK:n taulukoiden mukaan. Varasto- ja tuotantorakennusten osastointia varten on olemassa omat SRMK:n ohjeet.

Omaisuusvahinkoja pyritään vähentämään osastoimalla syttymislähde (tuotanto) ja palokuorma (varasto) toisistaan. Omaisuusvahinkojen vähentäminen on vakuutusyhtiöiden intresseissä, ja vakuutusyhtiöiden vakuutusmaksujärjestelmässä osastointi on olennainen osa rakennuksen paloturvallisuutta. Rakennuksessa tapahtuva tuotanto pyritään osastoimaan siten, että prosessiteknisesti eri prosessit sijoitetaan eri paloteknisiin osastoihin. Tällä saavutetaan se hyöty, että vahingon sattuessa koko tehtaan toiminta ei keskeydy tai se voidaan nopeasti käynnistää uudelleen ja vahingot jäävät rajoitetulle alueelle.

Tässä diplomityössä tarkastellaan osastointia suurten omaisuusvahinkoriskien kannalta. Suurten omaisuusvahinkojen riski on suurin teollisuudessa, joten osastointia tarkastellaan teollisuuden ja vakuutusyhtiön näkökulmasta. Vakuutusyhtiön kannalta on hyvä, jos osastoimalla voidaan omaisuusvahingon riskiä pienentää. Tämän merkitsee korvattavien vahinkojen pienenemistä ja asiakkaan toiminta voi jatkua keskeytyttä. Perustelemalla osastoinnin rakentaminen taloudellisilla tai asiakkaan riskit huomioivilla tekijöillä voidaan rakennusten paloturvallisuutta nostaa huomattavasti.

1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen ongelma-alueen tärkeimmät tutkimusta ja kehittelyä vaativat kohdat voidaan jakaa tämän diplomityön tavoitteiksi seuraavaan jaottelun mukaisesti:

Osastoivien rakenteiden ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelu rakennusosien, osastoivien ovien, lasirakenteiden ja läpivientien osalta. Osastoivien ovien, lasirakenteiden ja läpivientien osalta tarkoitus on tarkastella tällä hetkellä markkinoilla olevia materiaaleja ja järjestelmiä sekä hankkia tietoa näiden hintatasosta. Varsinaisen osastoivan rakennusosan materiaalit ja rakenteet esitetään kirjallisuudessa olevia lähteitä käyttäen ja mainiten eri paloluokan omaavat rakenteet.

Tulipalon leviämistä palo-osastosta toiseen tarkastellaan tilastollisin keinoin ja selvitetään osastoivien rakennusosien vaikutukset palon leviämiseen. Osastoivien rakennusosien keskinäistä vaikutusta palon leviämiseen pyritään arvioimaan. Tarkoituksena on antaa suosituksia siitä, millaisia osastoivien rakennusosien yhdistelmiä tulisi osastoinnissa välttää.

Tarkastelemalla yksityiskohtaisesti muutamia palotapauksia, pyritään hahmottamaan kokonaiskuva niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat palon leviämiseen syttymisosastosta käytännön palotilanteissa.

Diplomityön päätavoiteena on osastoivien rakenteiden rakennuskustannusten arviointi sekä uudisrakentamisessa että korjausrakentamisessa. Tämän lisäksi diplomityön perusteella tulee voida arvioida osastoinnin vaikutusta asiakkaan vakuutusmaksuihin, osastoinnin ylläpitokustannuksiin ja asiakkaan omavastuuseen. Nämä tekijät huomioiden kehitetään taulukkolaskentaohjelma, jolla voidaan arvioida osastoivien rakenteiden investoinnin kokonaistaloudellisuutta. Päätöksenteossa huomioidaan myös vaikeasti rahassa mitattavat tekijät, jotka vaikuttavat osastoinnin investointipäätökseen. Ohjelman tarkoituksena on auttaa osastoinnin lisäämiseen tai parantamiseen tähtäävien suunnitelmien vaikutusten analysointia.

Osastoinnin rakentamisen vaikutusten analysointi perustuu siihen, että on olemassa valmis mallin, jonka perusteella vaikutuksia voidaan arvioida. Tämän diplomityön yhteydessä tehty laskentaohjelma voi toimia tällaisen mallin pohjana.

1.3 Toteutus

Diplomityön ongelmakenttään tutustuttiin käymällä läpi SRMK:ssa ja Teollisuusvakuutuksen tariffointiohjeissa osastoivia rakenteita koskevat kohdat. Osastoivien rakenteiden yksityiskohtia koskevia tietoja on haettu kirjallisuuden lisäksi valmistajilta, ja heiltä on saatu myös hintatietoja osastoivien rakenteiden rakennuskustannusten arviointia varten. Tarkastelussa on keskitytty erityisesti palo-ovien, osastoivien lasirakenteiden ja läpivientien ratkaisuvaihtoehtoihin.

Tilastollisesti osastoivia rakenteita käsitellään Tampereen palotapausten seurantajärjestelmän kokeilun 1989-1990 ja Teollisuusvakuutuksen vahinkopankin tietojen perusteella. Tarkoituksena on selvittää tilastollisesti osastoivien rakenteiden käyttäytymistä palon aikana ja niiden vaikutus palon etenemiseen.

Eräitä palotapauksia analysoidaan yksityiskohtaisesti, jotta saataisiin selville, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet palojen etenemiseen käytännön palotapauksissa. Todellisissa palotapauksissa palon etenemiseen vaikuttavat monimutkaisesti toisiinsa liittyvät seikat, joiden kuvausten perusteella pyritään saamaan kokonaiskuva tapahtumaketjusta. Palotapaukset on valittu Sampo-ryhmän vakuuttamissa kohteissa 1994 aikana sattuneista palovahingoista, joiden tapahtumista on pyritty saamaan kokonaiskuva käymällä paikan päällä ja haastatteleamalla ihmisiä sekä keräämällä muuta aineistoa vahingoista.

Osastoivien rakenteiden rakennuskustannuksen laskentaa varten kustannuksia luetteloidaan rakennusosien, palo-ovien, lasirakenteiden ja läpivientien osalta. Näiden lisäksi rakennuskustannuksissa otetaan huomioon mahdollisuus sammutusjärjestelmien ja muiden ylimääräisten kustannusten laskemiseksi. Luetteloitujen rakennuskustannusten pohjalta kehitetään taulukkolaskentaohjelma, jonka rakenne ja laskentaoletukset esitetään. Muut osastoinnin investointipäätökseen vaikuttavat tekijät luetaan ja tapauskohtaiset tekijät otetaan huomioon. Esimerkkitapausten avulla testataan ohjelman toimivuus ja käytännöllisyys sekä herkkyys ohjelman oletusparametrien suhteen. Esimerkkitapaukset ovat todellisia osastoitavia kohteita, joiden investointipäätös tällä ohjelmalla näin tarkistetaan ja perusteluiden oikeellisuus testataan.

2 Osastoivia rakenteita koskevat määräykset ja ohjeet

2.1 Viranomaisten ja vakuutusyhtiöiden määräykset ja ohjeet

2.1.1 Rakennuksen paloluokka

Suomen rakentamismääräyskokoelman (SRMK) osassa E1 rakennukset jaetaan palonkestävyyden perusteella kolmeen luokkaan: [1, s. 5]

- paloahdastavat rakennukset
- paloapidättävät rakennukset
- palonkestävät rakennukset

Rakennuksen paloluokan määrittämiseen vaikuttavat mm. seuraavat seikat; [2, s. 52]

- rakennuksen korkeus
- kerrosluku
- rakennuksen käyttötarkoitus
- rakennuksessa oleskelevien henkilöiden määrä
- kokonaiskerrosala
- palo-osaston suuruus
- asemakaava, rakennusjärjestys

Rakennuksen paloluokka vaikuttaa merkittävästi rakennuksen paloteknisten osastojen enimmäispinta-aloihin. Tällä on taas suuri merkitys rakennuksen paloturvallisuuden kannalta.

Mitä parempi paloluokka rakennukselle valitaan sitä parempi palonkestoajaluokka vaaditaan osastoivilta ja kantavilta rakenteilta. Tästä seuraa toisalta se, että osastojen koko voi kasvaa ja rakennuksen käyttötapa on vapaammin valittavissa.

Palonkestävän rakennuksen oletetaan nimensä mukaisesti yleensä kestävän sortumatta, vaikka kaikki rakennuksen sisältämä palokuorma palaa loppuun. Palonkestäväksi on rakennettava aina kolme- tai useampikerroksinen rakennus. Myös yksi- ja kaksikerroksiset rakennukset on rakennettava palonkestäväksi, jos rakennukseen sijoitetaan huoneisto, jonka henkilömäärä ylittää SRMK E1 taulukossa 1 paloapidättävälle rakennukselle sallitut suurimmat henkilömäärät.

Myös kaksikerroksinen teollisuushuoneisto tai varasto, jossa tapahtuva toiminta kuuluu palovaarallisuusluokkaan 4 tai 5 ja toiminnan laadusta aiheutuu ilmeistä palovaaraa tai vaaraa henkilöille, on rakennettava palonkestäväksi.

Palonkestävän rakennuksen paloteknisen osaston enimmäiskoko on käytöstavasta ja koontumishuoneistoissa lisäksi keskenään avoyhteydessä olevien kerrosten lukumäärästä riippuen rajoitettu 800...3200 m²:iin. Kantavien rakenteiden luokkavaatimus on A30-A240 ja osastoivien rakenteiden luokkavaatimus B30-B120 rakennuksen korkeudesta ja palokuormaryhmästä riippuen (SRMK E1 taulukot 5 ja 7). Palamattomia rakennustarvikkeita vaaditaan yleensä ulkoseinissä, yli 8-kerroksisten rakennusten osaston sisäisissä seinissä, sairaanhoito-, huolto- ja rangaistuslaitosten osastojen sisäisissä sekä kokonaan tai pääasiallisesti maanpinnan alapuolella olevien kellarikerrosten sisäisissä seinissä (SRMK E1 kohta 3.8.). [3, s. 8]

Paloapidättävien rakennusten erikoisuus on tiukat pintakerrosvaatimukset sisäpuolisille pinnoille. Paloapidättävien rakennusten paloteknisten osastojen enimmäispinta-alat ovat teollisuus ja varastorakennuksia lukuun ottamatta samat kuin rakenteiden palonkestävyyden osalta selvästi paremmissa palonkestävissä rakennuksissa. Lisäksi paloapidättävissä rakennuksissa saadaan soveltaa paloahidastavia rakennuksia olennaisesti väljempiä käytötapa- ja henkilömäärärajoituksia. Riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi vaaditaan kevyen rakennustavan vastapainoksi paloteknisesti hyviä pintakerroksia. Lisäksi seinä- ja kattorakenteen palava-aineinen runko tai täyte tulee yleensä suojaverhota. [3, s. 6]

Paloapidättävä rakennus saa olla enintään 2-kerroksinen ja enintään seitsemän metriä korkea. Jollei erityisistä syistä muuta johdu, yksikerroksiset teollisuus- ja varastorakennukset sekä maatalouden tuotanto- ja varastorakennukset saavat kuitenkin olla tätä korkeampia. Paloapidättävän rakennuksen toisessa kerroksessa saa olla muita kuin asuinhuoneistoja vain, mikäli niiden alapuolella olevat tilat kuuluvat samaan huoneistoon. [1, s. 5]

Rakennus on rakennettava paloapidättäväksi, jos rakennuksen kerrosala ylittää SRMK E1 taulukossa 6 esitetyt paloahidastavan rakennuksen enimmäiskerrosalat tai jos rakennus ei ole osastoitu kyseisen taulukon mukaisesti. [1, s. 5]

Paloapidättävän rakennuksen paloteknisen osaston enimmäiskoko on käytöstavasta ja kokoontumishuoneistoissa lisäksi keskenään avoyhteydessä olevien kerrosten lukumäärästä riippuen rajoitettu 800...3200 m²:iin. Kantavien ja osastoivien rakenteiden luokkavaatimus on yleensä B30 (SRMK E1 taulukot 5 ja 7). Jos seinä- tai kattorakenteessa

käytetään palavaa runkoa tai täytettä, on se suojaverhottava sisätilojen puolelta B10-luokkaisesti (SRMK E1 kohta 3.9.1.). [3, s. 7]

Paloahidastava rakennus saa olla enintään 2-kerroksinen ja enintään seitsemän metriä korkea. Jollei erityisistä syistä muuta johdu, yksikerroksiset teollisuus- ja varastorakennukset sekä maatalouden tuotanto- ja varastorakennukset saavat kuitenkin olla tätä korkeampia. [1, s. 5]

Paloahidastavan rakennuksen paloteknisen osaston enimmäiskoko on käyttötavasta ja kerrosluvusta riippuen rajoitettu 200...600 m²:iin. Lisäksi ullakot on jaettava enintään 200...400 m²:n osiin osastoivien rakentein. Kantavilla rakenteilla ei yleensä palonkestoaikavaatimusta. Osastoivien rakenteiden paloluokka on yleensä B30 (SRMK E1 taulukot 6 ja 7). [3, s. 5]

Paloahidastavaan rakennukseen ei saa sijoittaa sairaanhoito-, huolto- ja rangaistuslaitoksen huoneistoa. Tämän lisäksi paloahidastavan rakennuksen sallitut kerrosalat ja osastojen pinta-alat ovat pienemmät kuin paloapidättävän rakennuksen.

Tuotanto- ja varastorakennukset jaetaan viiteen palovaarallisuusluokkaan kohteessa tapahtuvan toiminnan vaarallisuuden perusteella. Luokittelussa huomioidaan kohteen palokuorman suuruus ja laatu syttymisherkkyys, palamisnopeuden ja savunmuodostuksen kannalta sekä räjähdysten mahdollisuus.

Palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvat yleensä palovaarattomat kohteet, kun taas luokkaan 5 kuuluvat kohteet, joiden palokuorma ja syttymismahdollisuus ovat suuria tai joissa esiintyy räjähdysvaara. SRMK osassa E2 [4] liitteessä 1 on lueteltu eri palovaarallisuusluokat ja luokkiin kuuluvat esimerkkikohteet.

Tuotanto- ja varastorakennusten rakenteellisen paloturvallisuuden ohje E2 on uusittu ja uusi ohje tulee voimaan 1.1.1995 alkaen. Uudessa ohjeessa palovaarallisuusluokittelu muuttuu siten, että luokkien määrä tippuu viidestä kahteen. Uudessa luokittelussa luokka 1 vastaa pääsääntöisesti luokkia 1-3 vanhassa luokittelussa ja luokka 2 vastaa pääsääntöisesti luokkia 4-5 vanhassa luokittelussa. [5, s. 43]

2.1.2 Osastojen muodostaminen

Paloteknisellä osastoinnilla pyritään estämään palon leviäminen palon syttymishuoneistosta ja savukaasujen leviäminen määrätyn ajan käyttämällä osastoivia rakennusosia tai

muulla tehokkaalla tavalla. Osastointiin kuuluu myös osastoivissa rakenteissa olevien aukkojen tehokas suojaaminen. Osastoinnilla helpotetaan myös palokunnan sammutus- ja pelastustyötä.

Eri paloteknisiksi osastoiksi muodostetaan yleensä paloturvallisuuden kannalta eriarvoiset tilat. Rakennus on jaettava paloteknisiin osastoihin siten, että palo ei pääse esteettä leviämään rakennuksessa tai rakennuksen ulkopuolelle. Palo ei saa levitä paloteknisen osaston ulkopuolelle niin, että poistuminen rakennuksen palavasta osasta vaarantuu tai että omaisuusvahinko muodostuu kohtuuttoman suureksi. Määräysten mukaisella osastoinnilla pyritään ensisijassa turvaamaan henkilöturvallisuus.

Erityisesti teollisuuden tuotanto- ja varastokohteissa osastoinnilla on huomattava vaikutus vahinkomenoihin. Monilla teollisuuden aloilla tuotantoprosessi edellyttää suuria yhteisiä tehdastiloja. Tällöinkin osastoimalla vaarallisimmat kohteet suurista tiloista, vähennetään yksittäisen palon aiheuttamaa suurvahingon vaaraa. [2, s. 58]

Suurvahinkojen rajoittamisen keskeisenä keinona sekä viranomaismääräyksissä että vakuutusyhtiöiden suojeluohjeissa on tehokas osastointi. Kantavien rakenteiden palokestävyys liittyy läheisesti osastointiin. Jos kantavat rakenteet sortuvat, tuhoutuu palotilassa oleva omaisuus ja palon leviämistä viereisiin osastoihin on vaikea estää. [6, s. 13]

Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan on kolme eri osastointilajia; kerros-, käyttötapa- ja pinta-alaosastointi. Määräysten kohdassa E1 3.6 annetaan määräyksiä paloteknisten osastojen muodostamisesta ja sijoittamisesta rakennukseen. Rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset, ullakko, uloskäytävät ja palokunnan hyökkäystiet on yleensä muodostettava eri paloteknisiksi osastoiksi. [1, s. 9]

Kerrososastointi toteutetaan siten, että välipohjat toimivat osastoivina rakenteina ja uloskäytävät osastoidaan erillisiksi osastoksi. Pääperiaatteesta voidaan poiketa, kun kerrosten välille halutaan avoyhteys. Avoyhteys sallitaankin silloin, kun siitä ei aiheudu vaaraa.

Asuinhuoneistot sekä tarvittaessa muutkin huoneistot ja tilat, joita paloturvallisuuden kannalta käytetään toisiinsa nähden eri tavoin taikka joiden palokuorma on viereisiä huoneistoja tai tiloja olennaisesti suurempi on muodostettava eri paloteknisiksi osastoiksi, milloin se on tarpeen henkilöiden ja omaisuuden suojaamiseksi. Tämä on käyttötapaosastointia. [1, s. 9]

Käyttötapaosastointiin liittyvinä periaatteina voidaan luetella ainakin seuraavat: [7, s. 52]

- Ympäri vuorokautisessa käytössä olevat tilat erotetaan päiväkäyttöisistä tiloista (esim. majoitushuoneet/ravintola).
- Asuinhuoneisto muodostetaan yleensä omaksi palo-osastoksi.
- Suuren palokuorman omaavat tilat muodostetaan omiksi palo-osastoiksi, esim. polttoainevarasto, palavan nesteen varasto ja yleensä varasto.
- Huoneet, jotka valvomattomina voivat aiheuttaa palovaaraa, esim. kattilahuone.
- Huoneet, jotka sisältävät suuria omaisuusarvoja tai korvaamattomia esineitä, osastoidaan omiksi palo-osastoiksi.

Samaan huoneistoon kuuluvat tilat on muodostettava eri paloteknisiksi osastoiksi, mikäli huoneiston koko muutoin tulisi vaaraa aiheuttavan suureksi. Suunnittelun kannalta pinta-alaosastointi on selväpiirteisin kaikista osastointilajeista. SRMK:n osassa E1 taulukoissa 5 ja 6 on esitetty suurimmat sallitut palo-osastojen pinta-alat.

Tuotanto- ja varastorakennusten suurimmat sallitut pinta-alat on esitetty osassa SRMK:n osassa E2 [4] taulukoissa 1-3. Tuotanto- ja varastorakennusten suurimpiin sallittuihin osastojen pinta-aloihin vaikuttaa myös osaston suojaustaso ja palovaarallisuusluokittelu. Palovaarallisuusluokittelusta on kerrottu kohdassa 2.1.1 rakennuksen paloluokan määrittymisen yhteydessä.

Uudessa vuoden 1995 alusta voimaan tulevassa tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuuden ohjeessa E2 on myös suojaustasojen määrää pienennetty neljästä kolmeen. Tähän asti vaikeasti määriteltävissä ollut tehostettu alkusammutuskalusto (suojaustaso II) poistuu uuden ohjeen myötä kokonaan. [5, s. 43]

Tuotanto- ja varastorakennusten paloteknisellä osastoinnilla pyritään lähinnä turvaamaan omaisuutta. Vakuutusyhtiöillä onkin omat SRMK:n määräyksiä kovemmat vaatimukset asettavat ohjeet osastoinnin toteuttamiseksi tuotanto- ja varastorakennuksissa.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa on pääperiaatteena, että osastoivilla rakennusosilla osastoidaan sellaiset toiminnot ja tilat, joilla ei ole suoranaista prosessiteknistä yhteyttä keskenään tai joiden osastoinnista prosessi ei estä. Perusjakona pidetään sitä, että oman osastonsa muodostavat: [8, s. 2]

- raaka-aine- ja tarvikevarastot
- varsinaiset prosessiyksiköt
- puolivalmiste- ja valmisteverastot
- palveluosastot.

Palovaara varasto-osastolla on yleensä pieni verrattuna vastaavaan tuotanto-osastoon, josta seuraa varaston alhainen vakuutusmaksu. Jos varasto on tuotantotilan yhteydessä, yhtyvät varaston palokuorma ja tuotantotilan syttymislähteet, jolloin osasto on erittäin palovaarallinen. Tästä aiheutuvat sekä suuret vakuutusmaksut että ankarat suojelutekniset vaatimukset lisäkustannuksineen. [8, s. 2]

Tämä on perusajatuksena sama kuin on määräyskokoelmassa mutta kohteen osastoinnin vaikutukset vakuutuksiin, suojaustasoon ja kustannuksiin on otettu huomioon Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa mainitaan aputilojen osastointi, jolla tarkoitetaan tiloja, jotka voivat sisältää kohteen koko toiminnan kannalta vaurioitumisherkkiä laitteita. Jotkut aputilat tulee osastoida henkilöturvallisuuden takia. Seuraavat tilat tulisi pääsääntöisesti osastoida omiksi osastoikseen: [8, s. 2]

- korjaamot
- sosiaalitilat
- Atk-laitokset
- konttorit
- liikkuvien työkonoiden säilytystilat
- putki- ja kuljetinsillat sekä -tunnelit.

Pitkät putki-, kaapeli- ja kuljetinsillat sekä kanavat ja tunnelit on lisäksi jaettava pienempiin osastoihin.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa palomuurilla on samat vaatimukset kuin viranomaisten vaatimuksilla. Palomuurin rakentaminen on usein ainoa käytännön mahdollisuus suurvahinkojen rajoittamiseksi silloin, kun riittävän tehokasta sprinklausta ei voida toteuttaa.

2.1.3 Osastoivat rakenteet

Rakennustarvikkeet jaetaan kahteen ryhmään, palamattomat rakennustarvikkeet ja palavat rakennustarvikkeet. A-luokan rakennusosiin kuuluvat palamattomat materiaalit tai materiaalit voivat sisältää palavia rakennustarvikkeita niin vähäisessä määrin ja siten sijoitettuina, ettei niistä aiheudu haittaa. B-luokan rakennusosissa saa käyttää palavia materiaaleja. Rakennustarviketta pidetään palamattomana, mikäli se ei syty eikä käytännöllisesti katsoen kehittä savua tai palavaa kaasua. Tämä todetaan hyväksytyn menetelmän, SFS 1182, mukaisesti kokeen avulla. Hyväksymisperusteet on esitetty ympäristöministeriön rakennusalan tyyppihyväksyntä koskeissa ohjeissa.

Rakennustarviketta pidetään palavana, mikäli se ei täytä edellä palamattomalle rakennustarvikkeelle asetettuja vaatimuksia. Palamattomia rakennustarvikkeita ovat mm. betoni, kevytbetonituotteet, keraamiset tuotteet ja metallituotteet, lukuunottamatta alumiinia. [2, s. 67]

Osastoivat rakennusosat sekä suojaverhoukset jaetaan niiden palonkestoajan perusteella luokkiin siten, että mainitun ajan tulee olla vähintään yhtä pitkä kuin luokkamerkinnän luvun tarkoittama aika minuutteina. Osastoivien rakenteiden luokkavaatimukset on esitetty SRMK E1 taulukossa 7. A-luokan rakennusosan täytyy olla palamatonta, esim. teräs, teräsbetoni ja tiili. B-luokassa saa käyttää edellisten lisäksi myös puuta tai muita palavia rakenteita.

Osastoivan rakenteen tai rakennusosan palonkestävyydellä tarkoitetaan eristyskyvyn ja tiiviynsä säilymistä palossa. Eristyskyky on rakenteen kyky estää lämmön siirtymistä ja tiiviys kyky estää kaasujen tunkeutumista rakenteen lävitse. Eristyskyvyn arvosteluperusteena käytetään palon vastakkaisella puolella olevan rakenteen pinnan lämpötilan nousua. Tiiviynsä säilymisen toteamisen tulee perustua kokeeseen. [9, s. 58]

Palonkestävyysvaatimukset on esitetty SRMK:n osassa B4 kohdassa 8.2.2. Tässä on esitelty kyseiset vaatimukset pääpiirteissään;

Rakenteen tai rakennusosan palonkestävyyttä mitataan palonkestoajalla. Tällä tarkoitetaan sitä, yleensä minuutteina ilmaistua aikaa, jonka rakennusosa täyttää rakenteelle asetetut kantokyky- ja eristävyysvaatimukset standardipalokäyrää vastaavissa palo-olosuhteissa.

Rakenteen kantokyky katsotaan menetetyksi ja sortumisrajatila saavutetuksi rakenteen sortuessa. Sortumisrajatila katsotaan saavutetuksi myös rakenteen yhden minuutin aikana tapahtuvan taipuman lisäyksen ylittäessä arvon $L^2/9000 h$, missä L on rakenteen jännemitta ja h poikkileikkauksen toimiva korkeus. Taipumisrajatila katsotaan saavutetuksi rakenteen taipuman ylittäessä arvon $L/30$.

Edellä mainitut taipuman ja taipumisnopeuden arvot voidaan ylittää edellyttäen, että rakenteeseen ei tukeudu muita kantavia tai osastoivia rakennusosia eikä rakenne taipuessaan voi vaurioittaa vastaavanlaisia alapuolisia rakenteita. Tällaisten rakenteiden suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen muodonmuutoskykyyn tuilla sekä siihen, että rakennekokonaisuus säilyttää vakavuutensa ja kantokykynsä sekä kantavan ja

osastoivan rakenteen ollessa kyseessä myös tiiviytensä mahdollisesti palon aikana muuttuneesta toimintatavasta huolimatta.

Osastoivan rakenteen palonkestävyys eristyskyvyn osalta katsotaan menetetyksi, kun rakenteen palon vastakkaisen pinnan keskimääräisen lämpötilan nousu ylittää arvon 140 °C tai kun suurin lämpötila ylittää arvon 220 °C alkulämpötilasta riippumatta.

Palotilan aika-lämpötilariippuvuus lasketaan ns. standardipalossa kaavasta: [9, s. 58]

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1) \quad (1)$$

missä, T on palotilan lämpötila [°C] ajanhetkellä t [min] ja T_0 on lämpötila [°C] ajanhetkellä $t=0$.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa osastoivalle rakennusosalle mainitaan samat vaatimukset kuin mitä asetetaan viranomaisten määräyksissä ja ohjeissa. Viranomaisten määräyksiin ja ohjeisiin lisäyksenä voidaan pitää mainintaa, jossa osastoivaan rakennusosaan liittyvä tai sen läheisyydessä oleva rakenne on tehtävä siten, etteivät siinä palon aikana syntyvät lämpöliikkeet vahingoita osastointia.

Osastoivan seinän rakennetta valittaessa tulee ensisijaisesti ottaa huomioon käyttöolosuhteiden vaikutus seinän kestävyys- ja säilyvyyteen. Kevytrakenteista seinää ei tulisi rakentaa kohteisiin, jossa se joutuu mekaanisille rasituksille alttiiksi. Syttyvistä materiaaleista valmistettavia osastoivia seiniä tulee välttää kohteissa, joissa on runsaasti palokuormaa tai paljon syttymislähteitä. [8, s. 4]

Suojeluohjeissa viitataan lisäksi Ympäristöministeriön tyyppihyväksyntöihin, joita on annettu puu- ja teräsrunkoisille seinärakenteille. Päätöksissä on annettu yksityiskohtaiset ohjeet kiinnityksestä ja asennuksesta. Liitosten ja kiinnitysten suunnittelulla onkin suuri vaikutus näiden rakenteiden palonkestävyyteen.

Osastoivat väli- ja yläpohjat ovat lähes poikkeuksetta myös kantavia rakenteita. Näin olen niiden palonkestoajat vaatimus määräytyy useimmiten kantavien rakenteiden vaatimuksista. Osastoivaan välipohjaan tehtävien aukkojen tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Palo pyrkii luonnostaan leviämään alhaalta ylöspäin kuumien palokaasujen kohotessa kevyempinä pienistäkin raoista välipohjan tai yläpohjan läpi. Kevytrakenteisen osastoivan yläpohjan eristeet tulee kiinnittää niin, että ne pysyvät tiiviisti paikoillaan vaaditun palonkestoajan. Lisäksi rakenne tulee suunnitella ja eristeet

asentaa siten, että kuumat palokaasut eivät pääse kulkeutumaan lämmöneristeen läpi ulkotalle. [8, s. 5]

2.1.4 Aukot osastoivissa rakenteissa

Osastoivissa rakennusosissa olevien ovien, ikkunoiden ja muita pienehköjä aukkoja suojaavien rakennusosien palonkestoajan tulee olla vähintään puolet osastoivalle rakennusosalle vaaditusta palonkestoajasta. [1, s. 12]

Osastoiville oville (palo-ovi) on olemassa omat rakentamismääräykset jotka löytyvät SRMK:n osasta E6. Osastoivan oven tarkoituksena on estää palon ja savun leviäminen paloteknisen osaston ulkopuolelle vaaditun ajan kuluessa. Ovien on myös mahdollistettava palon sattuessa henkilöiden turvallinen poistuminen rakennuksesta. Osastoivan oven tulee täyttää tietty palonkestoavaatimus ja olla itsestään sulkeutuva ja salpautuva, jollei erikseen ole muuta sallittu.

Osastoiville oville tarkoitettua ohjetta ei sovelleta putki-, johto-, kaapeli- tai vastaaviin läpivienteihin. Osastoivissa rakenteissa olevat aukot on tästä huolimatta tukittava ja tähän tarkoitukseen on olemassa useita tyyppihyväksytyjä läpivientien tiivistysratkaisuja. Osastoivan rakennusosan läpi saa johtaa tarpeelliset putket roilot, kanavat, johdot ja hormit edellyttäen, että läpimenokohta tiivistetään tai muutoin varmistetaan niin, ettei läpivienti olennaisesti heikennä rakennusosan osastoivuutta.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeen mukaan tuotanto- ja varastorakennuksissa osastovien ovien tulisi yleensä olla vähintään luokkaa A60. Vaikeasti sammutettavat ja paljon palokuormaa sisältävät kohteet, kuten paperivarastot, tulisi erottaa palosululla tuotantotiloista. Osastoivan oven tyyppi tulee valita käyttökohteen mukaan. Saranallisia ovityyppejä ja esimerkiksi pariovea tulee yleensä käyttää oviaukoissa, jotka eivät ole raskaiden kuljetusvälineiden törmäyksille alttiina. Suuriin oviin voidaan henkilöliikenteen helpottamiseksi tehdä kulkuovi, joka täyttää ison oven palotekniset vaatimukset. [8, s.5]

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeen mukaan osastoivista ovista on suositeltavin avaamisen jälkeen automaattisesti sulkeutuva ja tehokkaalla salpalaitteella varustettu ovi. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää palon sattuessa automaattisesti sulkeutuvaa osastoivaa ovea, joka työaikana pidetään auki vain tarpeen mukaan ja joka suljetaan työajan päätyttyä. Sulkeutuminen voidaan järjestää sähkömoottorin avulla, hydraulisesti tai pneumaattisesti. Palon tai häiriön sattuessa oven sulkijalaitteen käynnistys voidaan toteuttaa

lämpösulakkeen mekaanisella laukeamisella tai savuilmaisimen sähköisellä impulssilla. [8, s.5]

Teollisuusvakuutuksen suojeleohjeiden mukaan ikkunoille asetetut osastointivaatimukset voidaan toteuttaa palonkestävällä ja osastoivalla ikkunalla, säteilyä läpäisevillä ikkunoilla kuten rautalankalasilla ja lasitiilillä tai automaattisesti palon sattuessa sulkeutuvalla luukulla. [8, s.7]

Teollisuusvakuutuksen suojeleohjeissa on mukana myös kuljettimet, koska teollisuudessa kuljettimia käytetään paljon ja kuljettimet yhdistävät poikkeuksetta eri tuotanto-osastoja toisiinsa. Palon sattuessa kuljettimet voivat levittää paloa hyvin nopeasti ja hyvin laajalle. Myös kuljettimissa itsessään syttyy usein paloja ja niiden aiheuttamaa paloriskiä voidaan merkittävästi pienentää osastoinnilla.

Teollisuusvakuutuksen suojeleohjeen mukaan putkiläpiviennin palonkestoajan tulisi olla vähintään yhtä suuri kuin ympäröivän rakennusosan. Paras tapa läpiviennin suojaamiseen on käyttää valumassaa, esimerkiksi betonia. Huonompaa materiaalia kuin ympäröivässä rakennusosassa ei tulisi käyttää. Erityistä huomiota tulee kiinnittää läpiviennin tiiviyyteen rakenteen läpäisevän vedon estämiseksi. Läpivienti voidaan tehdä myös rakenteeseen valettujen teräsputkiholkkien avulla. Näin tulisi menetellä muoviputkia käytettäessä, jolloin holkin pituuden tulisi olla vähintään 500 mm rakennusosan pinnasta laskettuna ja molemmin puolin rakennusosaa. Asentamalla teräsputkiholkki seinässä kaltevaan asentoon voidaan palonkestävyyttä parantaa vaakasuoraan asennukseen verrattuna. Muoviputki pehmenee ja sulaa umpeen lämmön vaikutuksesta täyttäen teräsholkin. [8, s. 8]

Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton (SVK) suojeleohjeissa mainitaan varaston erityisohjeissa, että kun varastoiminen tapahtuu menetelmällä, jolla on suuri paloriski, tai kun eri puolilla varastoa on erilaatuista tavaraa tulee osastoinnin olla aukotonta.

2.1.5 Palomuurit

Rakennettaessa kiinni toiseen rakennukseen tai niin lähelle toista rakennusta, että palon leviäminen rakennuksesta toiseen palon sattuessa on ilmeistä ja mikäli siitä voi aiheutua vaaraa henkilöturvallisuudelle tai toisen omaisuudelle tai mikäli SRMK E1 taulukon 6 kerrosalat muutoin ylittyisivät on rakennusten erottamiseen käytettävä palomuuria tai paloapidättävissä ja paloahidastavissa rakennuksissa tarkoituksenmukaista osastoivaa seinää. [1, s. 14]

Mikäli kaksi rakennusta tonttien rajalla rakennetaan yhteen voidaan kahden palomuurin sijasta käyttää yhteistä palomuuria. Paloapidättävissä ja paloahidastavissa rakennuksissa tulee palomuurin sijasta käytettävän osastoivan seinän olla tuettu molemminpuolisesti niin, että rakennus voi jommalta kummalta puolen sortua yhteisen osastoivan seinän tuhoutumatta. [1, s. 14]

Kun varastotilat sisältävät suuren palokuorman rakennetaan usein palomuuuri varastotilojen ja tuotantotilojen väliin, jolloin suurvahinkojen todennäköisyyttä rajoitetaan. Näin menetellään esimerkiksi paperitehtaissa.

Palomuurin on oltava vähintään luokkaa A120 myös siinä olevien hormien ja roilojen kohdalla. Palomuurissa tai palomuurin sijasta käytettävässä osastoivassa seinässä olevan oven tai vastaavan aukon palonkesto aika tulee olla vähintään yhtäsuuri kuin palomuurilta vaadittu palonkesto aika. Oven tulee olla A-luokkaa.

2.1.6 Turvaetäisyydet

Turvaetäisyydellä tarkoitetaan vähimmäisetäisyyttä, joka turvaa tavanomaisin palokunnan sammutustoimenpitein palon rajoittamisen syttymiskohteeseen. Tällä on merkitystä osastoivien rakenteiden kannalta, sillä se asettaa osastoiville rakenteille palonkesto aikavaatimuksia.

SRMK:n mukaan paloahidastavien rakennusten välinen minimietäisyys on 4 metriä ja rakennusten vastakkaisissa seinissä saa olla aukkoja enintään 1 m². Rakennusten välisen etäisyyden ollessa yli 8 metriä ei SRMK aseta mitään rajoituksia seinien rakenteille.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa turvaetäisyyden määrittäminen tapahtuu laskennallisella kaavalla, mihin vaikuttavat kohteen palovaarallisuusluokka, rakennusosien paloluokka ja ulkoseinien sekä katon pelonkestävyys tai suojaus. Turvaetäisyyteen vaikuttavat myös ulkoseinässä olevien aukkojen osuus koko seinän pinta-alasta ja seinän leveydestä sekä korkeudesta.

Palonkestävässä rakennuksessa ulkoseinälle asetettavat aikaluokkavaatimukset vaihtelevat A60 ja A240 välillä, tällöin tulee rakennuksen yläpohja-vesikattorakenteen olla vähintään luokkaa A60. Näiden vaatimusten jälkeen voidaan turvaetäisyys viereiseen rakennukseen määrittää Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeessa B1 esitetyllä tavalla.

Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton yleisessä teollisuusyrityksille tarkoitetussa suojeluohjeessa todetaan, että rakennusten tulee olla riittävän etäällä toisistaan. Palonkestävien rakennusten avoin etäisyys tulee olla vähintään 8 metriä. Paloapidättävien ja paloahidastavien rakennusten avoin välimatka tulee olla vähintään 15 metriä. Jos vastakkaisissa seinissä on ikkunoita, tulee nämä välimatkat kertoa kolmella.

Yleisten suojeluohjeiden lisäksi Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto julkaisee eri teollisuuden aloille suunnattuja suojeluohjeita. Esimerkiksi sahalaitosten paloturvallisuus, suojeluohjeessa vuodelta 1992, vaaditaan tuotantorakennusten ja varastojen avoimen välimatkan sekä varastokeskittymien keskinäisen avoimen välimatkan tulee olla vähintään 30 metriä. Tämän lisäksi tuotantorakennusten ympärillä tulee olla vapaa alue, jonka leveys on vähintään 10 metriä.

Teollisuusvakuutuksen suojeluohje on tarkempi ja turvaetäisyyden määrittämisessä voidaan ottaa kohteen ominaisuudet huomioon yksilöidymmin kuin SVK:n suojeluohjeissa. SVK:n suojeluohjeissa ei rakennuksen paloluokka vaikuta turvaetäisyyksiin kuten se Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeissa vaikuttaa. SVK:n suojeluohjeissa todetaan, että katon ja seinien tulee olla palonkestävyydeltään vähintään luokkaa A30.

2.2 Teollisuusvakuutuksen omaisuusriskien arviointiohjeet

2.2.1 Yleistä

Rakennuksen paloluokka ja palovaarallisuusluokka määritellään vakuutusyhtiöiden ohjeissa Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti, jonka vuoksi näissä ei ole eroavaisuuksia. Rakennuksen paloluokkaa ja palovaarallisuusluokkaa käytetään arvioitaessa tuotannosta aiheutuvaa omaisuusriskiä.

Vakuutusyhtiöiden vakuutusten maksuperusteiden määrittämisohjeissa osastoivien rakenteiden palonkestoaikavaatimukset ovat yleensä huomattavasti tiukemmat kuin viranomaisien määräyksissä ja ohjeissa vaaditaan kyseisellä rakennuksen paloluokalla ja osastokoolla.

Teollisuusvakuutuksen omaisuusriskin arviointiohjeessa jokaista tuotantoprosessia vastaa riskikuvaus, jossa kuvataan prosessiin tyypillisesti liittyvät tuotantotekijät, aputoiminnot, vahinkoriskit, suojaustaso, rakennustapa ja riskikuvauksesta mahdollisesti poikkeavat tekijät. Riskikuvausta vasta tietty perustariffi, jonka perusteella vakuutusmaksun maksu-kerroin määritetään. Riskikuvauksilla pyritään yhtenäistämään ja selkeyttämään vakuut-

tamiseen liittyvää vakuutusmaksujen määräytymistä ja riskienhallintaa. Kuvauksista poikkeavat tekijät otetaan huomioon tapauskohtaisilla korjaustekijöillä.

Riskikuvauksissa kuvattavien aputoimintojen osastointi kuuluu oletuksena kyseisen riskikuvauksen vakuutusmaksuun, jonka vuoksi osastoinnin puuttumisesta aiheutuu vakuutusmaksuun korotus.

2.2.2 Osastojen muodostaminen

Teollisuusvakuutuksen vakuutusmaksun määräytymisohjeissa (tariffiohjeet) [10] osastointi huomioidaan korjauskertoimella, joka vaikuttaa vakuutusmaksun määräävään maksukertoiimeen. Osastoinnin merkitys riippuu paljon vakuutettavan kohteen rakenteiden ja sisällön palokuormasta.

Palovakuutusmaksua laskettaessa rakennusta tarkastellaan sekä vakuutusmäärän että maksukertoimen suhteen palo-osastoittain. Vakuutusmäärä on rakennuksen jälleenhankintahinta. Palo-osaston vakuutusmäärään sisältyy sekä itse ko. rakennuksen osan rakenteiden että sen sisällön jälleenhankintahinta. [6, s. 56]

Osastoinnin vaikutus riskin suuruuteen jaetaan Teollisuusvakuutuksen omaisuusriskin arviointiohjeissa kolmeen osatekijään: [10, s. 21]

1. Varasto-osastointi eristää toisistaan suuren palokuorman (varasto) ja syttymissyyt (tuotanto).
2. Pystyosastointi pienentää palo-osaston pinta-alaa ja estää palon leviämisen vaakasuunnassa.
3. Vaakaosastointi estää palon leviämistä pystysuunnassa.

Mikäli tuotantotilan pinta-ala alittaa tai ylittää arviointiohjeissa mainitut tuotannon palo-vaarallisuusluokkaa ja palokuormaa vastaavat nimellispinta-alat, aiheutuu tästä korotus tai alennus vakuutusmaksukertoiimeen. Vaikutuksen suuruus riippuu paloteknisen osaston lattiapinta-alasta ja vaikutus otetaan huomioon vain, jos pinta-alalla on vaikutusta paloriskiä.

Omaisuusriskin arviointiohjeissa on liitteenä jokaista tuotantoprosessia kuvaava tariffiluokkataulukko. Varaston pinta-alaosastointi otetaan huomioon tariffitaulukoissa mainituilla tariffiluokakohtaisilla korjaustekijöillä. Suurimassa osassa tariffiluokkia varaston pinta-alaosastoinnilla ei ole vaikutusta vakuutusmaksukertoiimeen.

Rakennuksen korkeuden ja kerrososastoinnin huomioimiseen vaikuttavat tuotantotilan palovaarallisuusluokka ja palokuorma, rakennuksen korkeus sekä osastoivien välipohjien määrä. Rakennuksen korkeus ei vaikuta paloriskiin mm. silloin kun siinä ei ole välitasoja tai niillä ei ole palokuormaa. Rakennuksen korkeus on voitu huomioida jo riskikuvauksessa, tällaisia rakennuksia ovat esimerkiksi kattilahuoneet ja paperikonesali. [10, s. 24]

Vakuutusmaksun alennuskerrointa osastoinnin osalta saa käyttää edellyttäen, että osastoivat rakenteet täyttävät seuraavat vaatimukset: [10, s. 23]

1. Osastoivana seinänä on vähintään aukoton B60 luokan seinä tai aukollinen seinä, jonka paloluokka on vähintään A60 ja suojattujen aukkojen (esim. palo-ovet) osuus on enintään 20 % seinän pinta-alasta tai rakennusten välinen etäisyys on vähintään $0.5 \times D$, missä D on turvaetäisyys (Teollisuusvakuutuksen suojeluohje B1).
2. Osastoivien välipohjien paloluokka on palokuormasta riippuen A60...A180.
3. Osastoivien rakenteiden läpimenoaukot on tiivistetty huolellisesti ja Teollisuusvakuutuksen hyväksymällä tavalla.

2.2.3 Rakennustapa

Rakennustavan vaikutus vakuutusmaksukertoiimeen otetaan huomioon yhdellä kertoimella. Kertoimen suuruuteen vaikuttavat rakennuksen kantavien rakenteiden palokesto-aika sekä rakennuksen seinä- ja kattorakenteiden palonlevittämisen ja palamisominaisuudet.

Kantavat rakenteet jaetaan kahteen ryhmään: paloa kestävät ja paloa kestäättömät. Paloa kestäviä rakennusosia ovat mm. betonirakenteet, palosuojatut teräsrakenteet ja liimapuukurakenteet, joiden liitokset ovat palolta suojattuja. Paloa kestäättömiä rakennusosia ovat suojaamattomat teräsrakenteet, puurakenteet ja muut vastaavat rakenteet, joiden palonkestoaika on lyhyt. Rakennuksen kantavat rakenteet ovat paloa kestäviä, jos kaikki kantavat rakennusosat ovat paloa kestäviä. Rakennuksen kantavat rakenteet ovat paloa kestäättömiä, jos kaikki tai osa kantavista rakennusosista on paloa kestäättömiä. [10, s. 15]

Kantavien rakenteiden vaikutuskerroin vaihtelee 1,0...1,3:n välillä, riippuen kerrosluvusta ja rakenteiden palonkestävyydestä.

Palo-osaston sisällä seinä- ja kattorakenteet jaetaan neljään palonlevittämisryhmään. Teollisuusvakuutuksen omaisuusvahinkojen arviointiohjeessa kattorakenteilla on palon leviämiseen suurempi vaikutus kuin seinärakenteilla. Palonlevittämisryhmässä palonle-

vittämisominaisuuksiltaan huonoin on 1 ja parhaiten paloa levittää rakenteet, jotka kuuluvat ryhmään 4.

Seinä- ja kattorakenteet ryhmitellään seuraavasti:

1. Syttymättömistä materiaaleista tehdyt rakenteet.
2. Syttyvät materiaalit verhottu palamattomalla verhouksella.
3. Syttyvistä materiaaleista tehdyt rakenteet, joita ei ole suojaverhottu tai ontelotilaiset syttyvistä materiaaleista tehdyt rakenteet, jotka on suojaverhottu palamattomalla verhouksella.
4. Ontelotilaiset syttyvistä materiaaleista tehdyt rakenteet.

Rakennuksen sisältö vaikuttaa seinä- ja kattorakenteiden ohella rakennustavan huomioivaan kertoimeen. Jos rakennuksen sisältö kuten koneet ja kalusto tai varasto sisältää paljon palokuormaa, on räjähdysvaarallista tai vaurioituu helposti, suurentaa rakennuksesta tuleva lisäpalokuorma vain vähän paloriskiä. Rakennuksen vaikutuskerroin on tällöin pieni. Vastaavasti jos tuotanto tai varasto sisältää vain vähän palokuormaa lisää rakennuksesta tuleva palokuorma merkittävästi paloriskiä. Rakennuksen vaikutuskerroin on tällöin suuri. [10, s. 17]

Kun rakennuksen sisällön sekä seinä- ja kattorakenteiden vaikutus otetaan huomioon saadaan näiden edellä lueteltujen tekijöiden yhteisvaikutuskertoimeksi 1,0...10,0. Rakennuksen sisällön vaikutus riippuu palokuorman määrästä, laadusta ja sijoittelusta. Yhdistämällä kantavien rakenteiden sekä seinä- ja kattorakenteiden vaikutuskertoimet, saadaan rakennuksen rakennustavan yhteisvaikutuksen vaihteluväliksi 1,0...13,0.

3 Rakenteiden yksityiskohtainen tarkastelu

3.1 Osastoivat seinärakenteet

3.1.1 Massiiviset osastoivat seinät

Teollisuusrakennuksissa osastoivien rakenteiden merkitys on suurin suurten omaisuusvahinkojen estäjänä. Teollisuudessa on nykyään käytössä prosesseja ja tuotteita, jotka vaativat osastoinnilta suurten palokuormien ja jopa räjähdyspaineet kestävyyttä. Osastoivien rakenteiden merkitys onkin suuri kun erotetaan syttymislähde (tuotanto) ja palokuorma (tuotevarasto). Usein tuotannon ja varaston välissä käytetään palomuuria, jolloin saadaan varmasti tulipalon etenemisen pysäyttävä osastointi.

Tehokas osastointi voidaan saavuttaa käyttämällä palamattomia materiaaleja, kuten betoni, tiili ja kevytsora. Nämä ovatkin yleisimmät materiaalit, koska teollisuus-, asuin- ja liikerakennukset ovat usein paloakestäviä ja osastoivien rakenteiden palonkestoajan tulee olla tällöin pitkä. Osastoivien rakenteiden yleisinä heikkouksina voidaan pitää rakenteissa olevia aukkoja (ks. luku 3.3) ja läpivientejä (ks. luku 3.4) sekä rakenteiden tiivistämistä. Näillä onkin osastoinnin pitävyyden kannalta suurempi merkitys kuin itse massiivisen, osastoivan seinän materiaalilla.

Seuraavassa on esitelty yleisesti käytössä olevien rakennusmateriaalien vähimmäispaksuuksia osastoivissa seinissä ja palomuuereissa. Tavallisen betonin kuivatiheys on 2400 kg/m^3 ja kevytsorabetonin kuivatiheys on 1200 kg/m^3 . Betoniterästen pääraudoituksen kriittinen lämpötila on 500°C taulukon 3.1 arvoissa. Taulukossa esitettyjä vähimmäispaksuuksia tulee lisätä mikäli pääraudoituksen kriittinen lämpötila on pienempi kuin 500°C ja vastaava vähennys voidaan tehdä mikäli kriittinen lämpötila on yli 500°C .

Muurattujen seinien vähimmäispaksuudet on tarkoitettu noudatettaviksi silloin, kun seinän korkeus on enintään 3,5 metriä. Korkeammat seinät voidaan tukea esimerkiksi pilarein. Terästen suojabetonipaksuudet kantavien rakenteiden osalta on esitetty SRMK:n B4 taulukossa 8.10.

Taulukossa 3.1 olevat vähimmäispaksuuksissa olevat erot johtuvat materiaalien termisistä ominaisuuksista ja tiheyseroista. Tavallinen betoni johtaa lämpöä paremmin kuin kevytsorabetoni lähinnä tiheyserosta ja lämmönjohtavuuksien eroista johtuen, minkä vuoksi tavallisen betonin tarvitsema paksuus kasvaa enemmän kuin muilla palonkestoajan kasvaessa.

Taulukko 3.1. Tavallisimmat massiiviset osastoivat seinämateriaalit ja niiden vähimmäispaksuudet (mm) eri palonkestoaikaluokissa.

Palonkestoaika (min)	30	60	90	120	180	240
Kantava betoni ¹⁾ ja betoniharkko ⁴⁾	100	120	140	160	180	240
Kantava tiilikivi/kalkkihiekkakivi ²⁾	110	110	110	110	180	235
Kantava kevytsorabetoni ¹⁾	100	100	115	130	160	180
Kantava kevytbetoniharkko ³⁾	100	100	120	150	200	200
Ei kantava betoni ¹⁾ ja betoniharkko ⁴⁾	60	80	100	120	150	175
Ei kantava tiilikivi/kalkkihiekkakivi ²⁾	70	80	110	110	130	160
Ei kantava kevytsorabetoni ¹⁾	60	65	80	100	120	140
Ei kantava kevytbetoniharkko ³⁾	70	70	100	100	120	150

1) SRMK B4 [9]

2) SRMK B8 [11]

3) SRMK B5 [12], tiheys $\rho \leq 1000 \text{ kg/m}^3$

4) SRMK B9 [13]

SRMK:n osan E5 poistuessa jäi osastoiville rakenteille E5:ssä esitetyt vaatimukset vähimmäispaksuuksiksi vielä käyttöön, vaikka esimerkiksi muurattujen rakenteiden osalta B8 sallii pienempiä paksuuksia kuin käytöstä poistettu E5. Tällä on tietenkin palotilanteen kannalta vain positiivinen vaikutus, kun rakenteiden todellinen palonkestoaika on vanhan E5:n vähimmäispaksuuksia noudattaen korkeampi kuin nykyisiä SRMK:n ohjeita noudattaen.

Saksalaisen DIN 4102 osan 4 mukaisessa polttokokeessa tavallisen betonille on saatu taulukossa 3.2 esitettyjen arvojen mukaisia palonkestoaikoja. Mikäli betonin kosteuspiitoisuus on yli $> 4 \%$ tulee seinän olla vähintään 120 mm paksu. [14, s.320]

Pienillä palonkestoajoilla saksalaisten vaatimukset kantavien, osastoivien seinien vähimmäispaksuuksille on kovemmat kuin Suomessa mutta tämä johtuu siitä, että DIN määrittelee betonisen kantavan ja osastoivan seinän vähimmäispaksuudeksi 120 mm. Suomalaiset määräykset vaativat suurempia paksuuksia pitkillä palonkestoajoilla, mikä johtuu suomalaisten määräysten ehkä liiankin suurista varmuuskertoimista.

Osastoivan materiaalin valinta tulisi suorittaa tapauskohtaisesti, jossa otetaan huomioon

Taulukko 3.2. Saksalaisen DIN 4102 mukaisessa polttokokeessa tavalliselle betoniseinälle saatuja vähimmäispaksuuksia (mm) eri palonkestoaikaluokissa. [14, s. 320-321]

Palonkestoaika (min)	30	60	90	120	180
Kantava betoni	120	120	120	140	170
Ei kantava betoni	80	80	100	120	150

mm. rakennuksen sisällön palokuorma, syttymisherkkyyks ja osastoinnin tarkoitus. Esimerkiksi räjähdysvaarallisissa tiloissa ei osastoivana seinänä saisi käyttää raudoittamatonta tiiliseinää. Tiiliseinät rikkoutuvat pienestäkin räjähdyksestä ja aiheuttavat hajotessaan suurta vahinkoa vaarantaen henkilöturvallisuuden. Paineen purkamisen tarkoitettujen seinien materiaaliksi levyrakenteet soveltuvat hyvin.

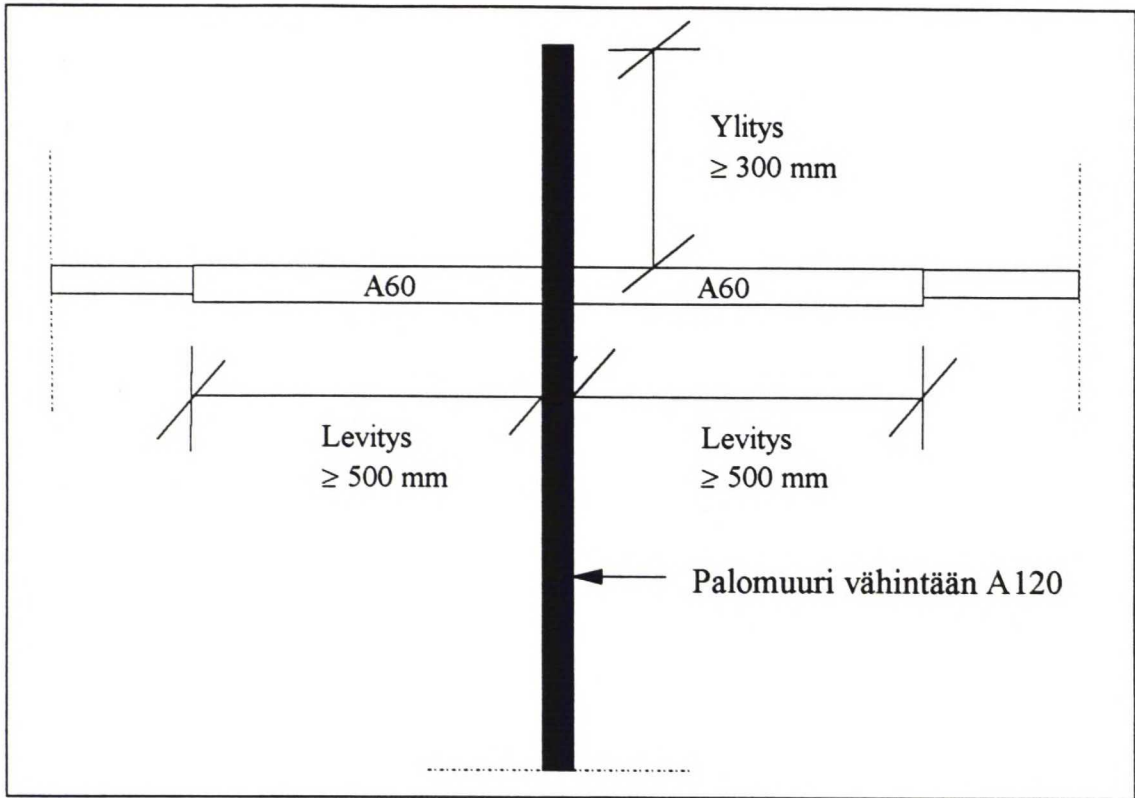
Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloteknisiin luokkiin. Tällöin rakennuksen eri osia tarkastellaan paloteknisessä mielessä eri rakennuksina, mikäli niiden välissä on palomuuuri. Paloahidastavissa ja paloapidättävissä rakennuksissa palomuuuri voidaan korvata tarkoituksenmukaisella osastoivalla seinällä. Taulukossa 3.3 on vertailtu osastoivan seinän ja palomuurin erikoisominaisuuksia.[6, s. 24]

Palomuurin tulee ulottua riittävän pitkälle seinälinjan yli ja kattopinnan yläpuolelle (ylitys), jotta tulen leviäminen palomuurin ohi on estetty. Tuotanto- ja varastorakennusten pinta-alaosastoinnin vaatimukset täyttävän seinän liittymät vesikattoon ja ulkoseinään on tehtävä soveltaen SRMK:n osassa E1 palomuurille esitettyjä vaatimuksia. [15, s. 6]

Palomuurin ylitys tulee ulottua vähintään 300 mm katteen yläpuolelle (kuva 3.1) tai ylityksen voi korvata 500 mm levytyksellä, mikäli vesikattorakenne on paloluokkaa A60, molemmin puolin palomuuria. Palokuorman ylittäessä 400 MJ/ m² tulee ylitys ulottua vähintään 750 mm katteen yläpuolelle eikä tätä voi korvata levytyksellä.

Taulukko 3.3. Osastoivan seinän ja palomuurin erikoisominaisuuksia. [6, s. 24]

Rakennusosa	Ominaisuus				
	Aina A-lk.	Ylitykset	Pystyssä- pysyvyys	Ovi A-lk.	Oven palonkesto- aika sama kuin seinällä
Palomuuuri	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Palomuurin sijasta käytettävä tarkoituk- senmukainen osastoi- va seinä	ei	ei	kyllä	ei	kyllä
E2:n pinta-ala-osas- toinnin toteuttava seinä	kyllä	kyllä	ei	ei	ei
Osastoiva seinä	ei	ei	ei	ei	ei



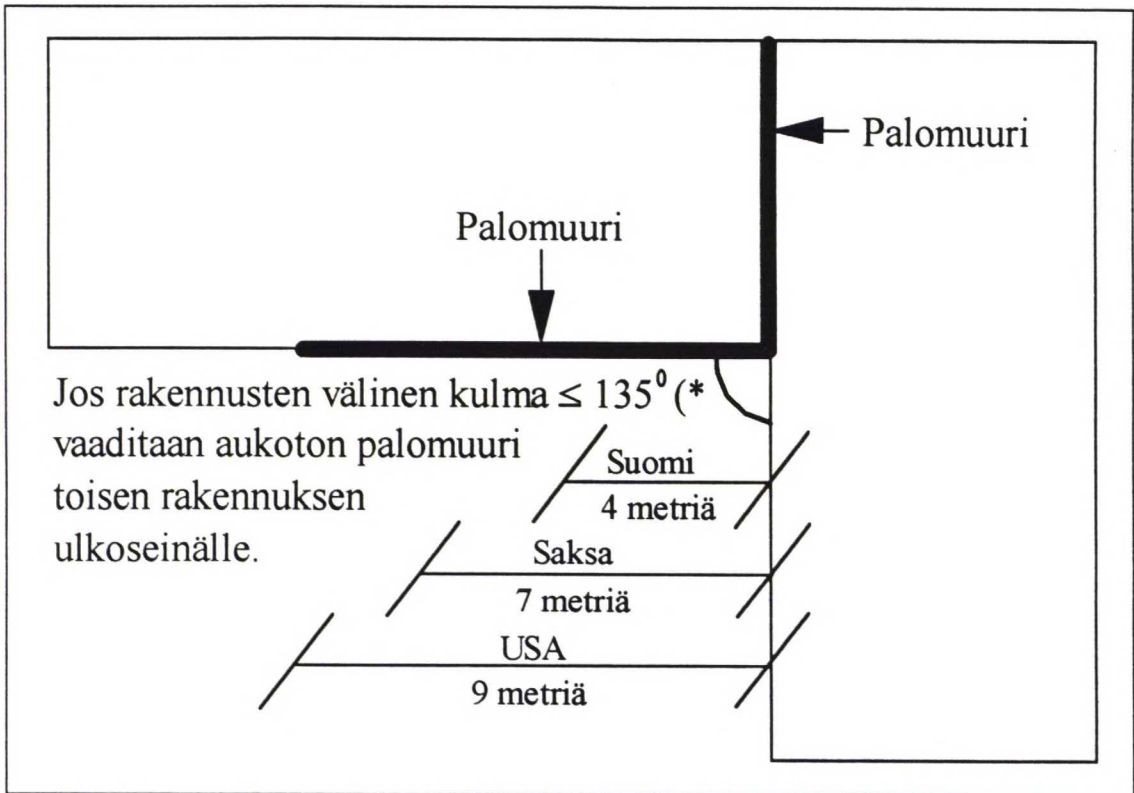
Kuva 3.1. Palomuurin ylitys liittyessään vesikattoon tulee olla vähintään 300 mm. Ylitys voidaan korvata 500 mm:n A60 luokan levityksellä molemmin puolin palomuuria.

Samoin saksalaisissa ohjeissa on ohjeita palomuurin ylityksille ja niissä vaaditaan 300 mm ylitys kun palokuorma on pieni ja palokuorman ollessa suuri ylitysvaatus on 500 mm, vertaa kuva 3.1. Kun palokuorma on pieni, ylitys voidaan korvata 500 mm levityksellä molemmin puolin palomuuria ja kun palokuorma on suuri tulee levityksen olla 1000 mm molemmin puolin palomuuria. [14, s. 358]

Ulkoseinien vähimmäispaksuudet ovat vastaavat kuin taulukossa 3.1 osastoiville seinille on ilmoitettu. Ulkoseiniä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mahdollisuus palon leviämiseen paloteknisestä osastosta toiseen julkisivun kautta siinä olevien aukkojen kautta. Tämä tulee ottaa huomioon niin vaaka- kuin pystysuoraan etenevän palon tapauksissa.

Palava ulkoverhous on katkaistava vaakasuunnassa osastoivan seinän kohdalta 0,5 m matkalla tai vähintään 0,2 m palamattomalla ulkonemalla, vaatimus ei koske aukotonta julkisivua. [3, s. 34]

Suomalaisten ohjeiden (kuva 3.2) mukaan rakennusten muodostaessa kulman, joka on $\leq 135^\circ$ ja jos rakennusten välissä on palomuuuri tässä nurkassa, aiheutuu tästä suurempi riski kuin suorasta seinästä. Tämän vuoksi toisen rakennuksen ulkoseinän tulee olla pa-



Kuva 3.2. Kun rakennusten välissä on palomuuuri ja rakennusten muodostaessa kulman, on toisen rakennuksen ulkoseinä rakennettava kuvan mukaisilla matkoilla aukottomana palomuurina eri maiden ohjeiden mukaan. (* Saksassa kulman raja on $\leq 120^\circ$).

lomuuria, missä ei ole aukkoja 4 metrin matkalla nurkasta. USA:laisissa ohjeissa samaisella kulmalla palomuuuri tulisi olla 9 metrin matkalla. Saksalaisten ohjeissa kulman ollessa $\leq 120^\circ$ tulee osastoivaa seinää olla 5 metrin matkalla, mikäli rakennusten välissä osastoiva seinä. Jos rakennusten välissä on palomuuuri tulee palomuuria jatkaa 7 metrin matkalle ulkoseinää. [3, s. 45], [16, s.4], [17, s. 88-92]

3.1.2 Kevyet osastoivat seinät

Kevyitä osastoivia seiniä käytetään yleensä rivitalojen huoneistojen välisessä ja ullakkotilojen osastoinnissa. Kevyt osastointi suoritetaan palavalla tai palamattomalla materiaalilla, joka voi olla esimerkiksi kipsi-, lastu- tai teräsohutlevy. Kantavana seinän runkona on puu- tai teräsranka. Levyrakenteisilla osastoivilla seinillä tiivistys ympäröiviin rakenteisiin on kriittistä, johon tulee kiinnittää huomiota. Myös keveillä osastoivilla seinillä läpiviennit muodostavat osastoinnin heikon kohdan, mutta seinän materiaalilla ja rakenteiden tiivistämisellä on suuri merkitys.

Pientaloissa, kuten rivitalot, ovat räystäiden alla olevat tuuletusraot paloarkoja paikkoja, jotka levittävät palon helposti vaikeasti sammutettaviin paikkoihin ullakolle ja kattora-

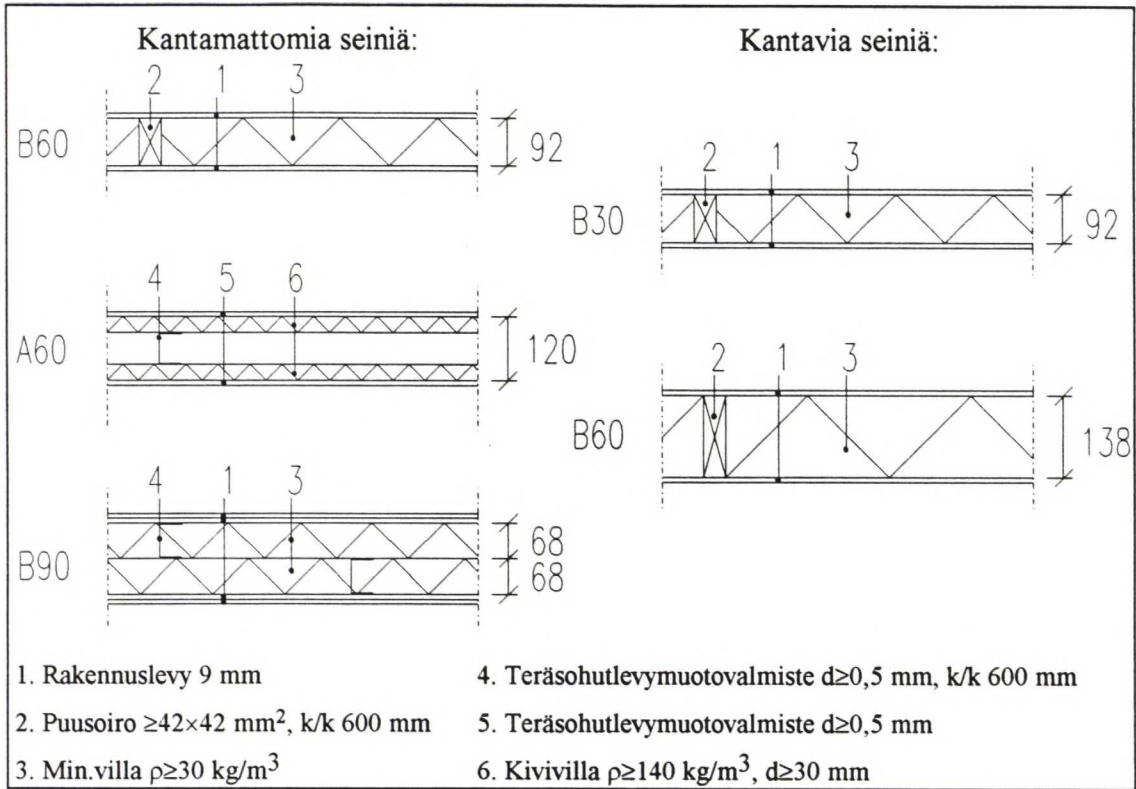
kenteisiin. Osastoivan seinän kohdalla räystäässä olevat tuuletusraot onkin suojattava, esimerkiksi levyttämällä tuuletusraot rakennuslevyllä umpeen vähintään 300 mm molempuolin osastoivaa seinää. Rivitaloissa paloarka detalji on myös huoneistojen välisen osastoivan seinän liittyminen vesikattoon. Tämä on vanhemmissa rivitaloissa toteutettu siten, että osastoiva seinä ulottuu vain yläpohjan alapinnan tasalle ja ullakkotila on yhtenäinen koko rivitalossa. Tällöin palo pääsee leviämään vapaasti ullakkotilan kautta paloteknisestä osastosta toiseen, koska asuntojen huonetilaan rajoittuva välipohja ei kykene estämään palon etenemistä ullakolla. Huoneistojen välinen osastoiva seinä tulee viedä vesikatteet alapintaan asti, jotta palotilanteessa palo ei pääse leviämään ullakolla osastoivan seinän ohi.

Lastulevyjen ja kovien kuitulevyjen tuhoutumisnopeus palossa on noin 0,1 mm/min. Tällöin jos molempien seinälevyjen paksuus on vähintään 15 mm, täyttää rakenne yleensä 30 minuutin osastoivuusvaatimuksen. Palonkestoajan ollessa 30 minuuttia ja mineraalivillan tuhoutumis- tai sintraantumislämpötila on vähintään 850 °C, voidaan lämmöneristeen suojavaikutus ottaa huomioon. Palonkestoajan ollessa 60 minuuttia tulisi eristeen tuhoutumislämpötilan olla 950 °C. Lämmöneristeet tulee kiinnittää siten, että ne pysyvät tiiviisti paikallaan palotilanteessa. Seinärakenteissa 60 minuutin palonkesto aikaan riittää, kun lämmöneriste asennetaan tiiviisti runkotolppien väliin.

Teräsohutlevypintaisia sandwich- rakenteita, joissa ei käytetä erillistä runkoa voidaan, käyttää osastoivana seinä- tai yläpohjarakenteena. Sandwich-rakenteiden palonkestävyyden toteaminen on laskennallisesti hyvin vaikeaa, joten palomitoituksessa joudutaan turvautumaan polttokokeisiin. Myös liitosten tiiviys on yleensä todettava kokeellisesti. Rakenteet yleensä tyyppi hyväksytetään, jotta voidaan sanoa rakenteella olevan osastoivaa palonkesto aikaa, ks. kuva 3.3.

Teräsohutlevypintaisen sandwich-elementin palokesto aika osastoivassa seinässä eräällä valmistajalla on 100 mm paksuisella elementillä A30 ja A120 luokka saavutetaan 150 mm paksuisella elementillä. Yleensä teräsohutlevyn paksuus on 0,5 mm molemmilla puolilla seinää ja välissä on mineraalivillaa, jonka leikkauslujuus on tavallisesti 25 kN/m². [18, s.45]

Muita keveiden seinien levymateriaaleja ovat lastulevy, kuitulevy, vaneri, ponttilaudoitus, kartonkipintainen kipsilevy, sementtiselluloosa levy, puukipsilevy, sementtilastulevy. Kuvassa 3.3 näistä levyistä on käytetty yhteistä nimitystä rakennuslevy. Näiden lisäksi voidaan käyttää teräsohutlevyä osastoivan seinän materiaalina. Seuraavassa on esitetty joitakin eri lähteistä koottuja kevyiden osastoivien seinien detaljiratkaisuja, kuva 3.3.



Kuva 3.3. Keveiden osastoivien seinien detaljirakenteita ja niiden palonkestoajoja. Osastoivien ja kanta-
vien seinien maksimikorkeus on 3,6 metriä. Osastoivien, kantamattomien seinien maksimikorkeudet paloluokassa B30 on 4,0 metriä ja paloluokassa B90 4,5 metriä.

Saksalaisen DIN:in mukaan suoritetuissa palokokeissa rakenne, missä molemminpuolin seinää on 12,5 mm kipsi-kartonkilevy, 40mm mineraalivillaa, jonka tiheys 40 kg/m³ ja puinen runko, jonka leveys vähintään 40 mm on saatu suomalaista B30 paloluokkaa vastaava luokka (vertaa kuva 3.3). [19, s. 56]

Osastoivien levyseinien palonkesto aika lyhenee kun seinässä käytetään sähkörasian upotusta. Esimerkiksi rakenne missä on 10 mm lastulevy ja 95 mm kivivilla ja 10 mm lastulevy, on hyväksytty palonkestoluokkaan B60. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan jos tähän seinään asennetaan molemmille puolille seinää upotettu sähkörasia, jonka etäisyys toisesta lastulevystä on 45 mm saadaan palonkestoajaksi 35 minuuttia. [20, s. 7 ja 21, s.6]

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan osastoivien puurakenteiden yksityiskohdissa on detaljiratkaisuja, joilla on merkitystä rakenteen palonkesto aikaan ja joita ei ole tutkittu riittävästi. Tällaisia detaljia ovat rakennuslevyjen kiinnitys runkoon, huonekalujen yms. kiinnitys rakennuslevyihin, levyjen raot ja naulalevyliitokset. [20, s.5]

Samaisen ruotsalaisen tutkimuksen [20] mukaan palokokeissa ei havaittu minkäänlaista merkitystä rakenteiden palonkestoajoihin seuraavilla tekijöillä:

- sähköjohto seinän sisällä
- yksittäisen sähköjohdon läpivienti
- sähkörasia seinän ulkopinnalla
- sähköpääkeskus seinän ulkopinnalla.

Saksalaiset Kordina & Meyer-Ottens [19] ovat maininneet mm. sähköasennuksista seuraavaa:

- Yksittäiset sähköjohdot seinän sisällä eivät vaikuta seinän palonkesto aikaan merkittävästi.
- Sähkörasian upotus hyväksyttävä asennus, mikäli vähintään 30 mm mineraalivillaa rasian ja levyn välissä.
- Levyihin kiinnitetyt kuormat eivät vaikuta merkittävästi palonkestävyyteen.
- Läpiviennit tulee tiivistää kipsivaluin tai mineraalivillalla.

Quintieren mukaan sähkörasia kevyessä, osastoivassa puurunkoisessa, kipsilevyseinässä vähentää 1 tunnin seinän palonkesto aikaa 13-23 minuuttia. Uudessa-Seelannissa Platt on tutkinut, että osastoivien puurunkoisten, kipsilevyseinin suurin ongelma on lämmöneristeiden paikoillaan pysyminen. Tällöin seinän tiiviys menetetään kun on kulunut 12 minuuttia eristeiden putoamisesta. [22, s. 382-383]

Edellä olevista ruotsalaisten ja saksalaisten tutkimuksista havaitaan, että kaikista asioista rakenteiden yksityiskohdissa ei olla samaa mieltä. Tämä ilmeisesti johtuu siitä, että kyseisiä detaljiratkaisuja ei olla riittävästi tutkittu, vaan on päätelty asioiden olevan näin.

3.2 Osastoivat väli- ja yläpohjarakenteet

Osastoivina väli- ja yläpohja rakenteina voidaan käyttää massiivisia tai kevyitä rakenteita. Massiivisia ovat teräsbetoni ja teräsbetonielementit sekä liittolaatat ja kevyitä ovat rakenteet, joissa käytetään esimerkiksi kipsilevyä ja ponttilaudoitusta. Tämän lisäksi on rakenteet, joissa välipohjan kantavana ja osastoivana rakenteena on massiivinen rakenne ja tämän alapuolella alaslaskettu katto, jonka voidaan joissakin tapauksissa katsoa lisäävän kantavan rakenteen palonkesto aikaa.

Osastoivat väli- ja yläpohjarakenteet ovat lähes aina myös kantavia rakenteita, joiden palonkesto aikavaatimus määräytyy kantavien rakenteiden vaatimuksista, taulukko 3.4. Osastoivaan välipohjaan tehtävät aukot tulee tiivistää huolellisesti, koska palo pyrkii

Taulukko 3.4. Kantavien väli- ja yläpohjien betonisen umpilaatan vähimmäispaksuuksia (mm) eri palonkestoaikojen mukaan. [9, s. 66]

Palonkestoaika (min)	30	60	90	120	180	240
Tavallinen betoni	60	80	100	120	150	175
Kevytsoorabetoni	60	65	80	95	120	140

luonnostaan leviämään ylöspäin. Kevytrakenteisissa yläpohjissa tulee rakenne suunnitella siten, että palokaasut eivät pääse leviämään lämmöneristeen läpi ullakotilaan.

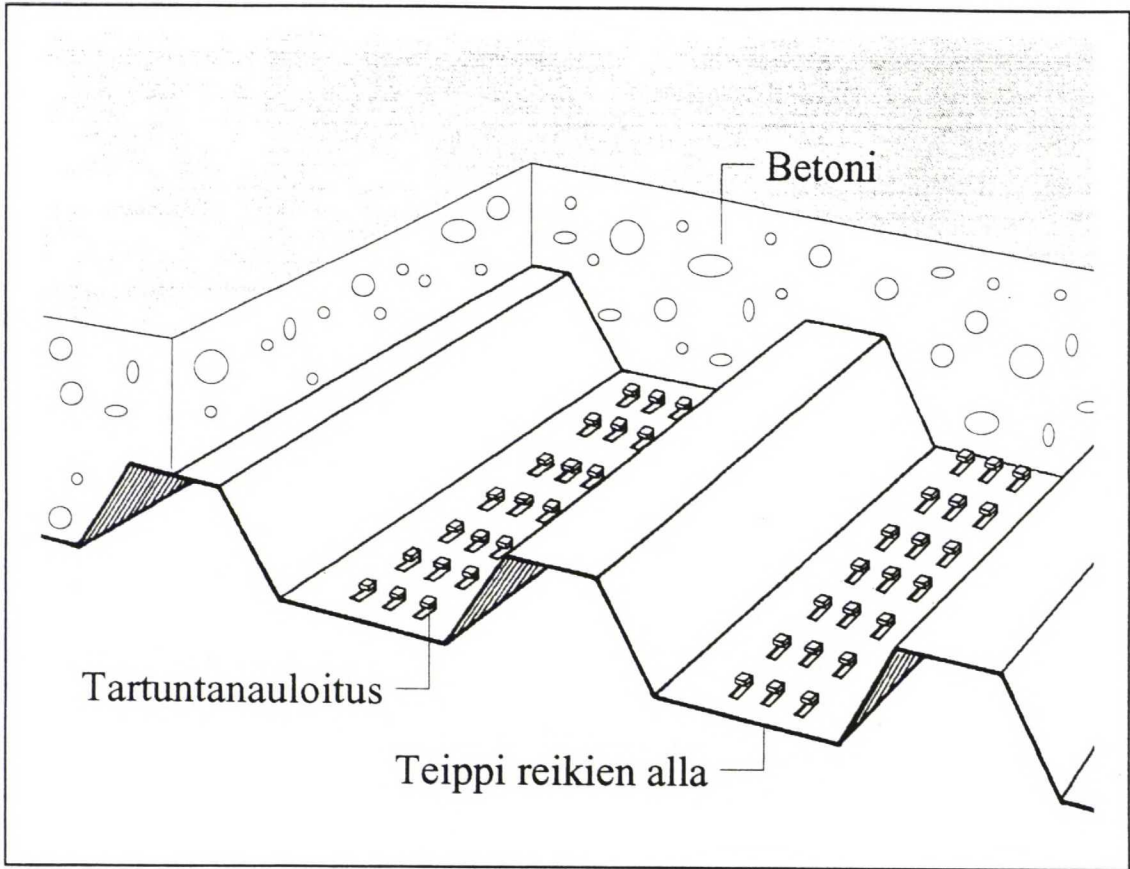
Taulukon 3.4 arvoja vertailtaessa taulukon 3.1, osastoivien seinien vastaavaan taulukoon, havaitaan kantaville laatoille vaadittavan pienempiä paksuuksia kuin kantaville seinille. Kantaville betonilaatoille asetetut palonkestovaatimukset ovat lähes samoja kuin ei kantavien betoniseinien palonkestoajat, taulukko 3.1. Tämä johtuu siitä, että palorasituksen oletetaan kohdistuvan laattaan yhden tasopinnan kautta ja palotilanteen kuormitukseen voidaan laattojen osalta tehdä suuremmat vähennykset kuin pystyrakenteille.

Terästen suojabetonipaksuudet on esitetty SRMK:n B4 taulukoissa 8.3-8.5. Nämä vaatimukset koskevat yleensä vain alapinnan raudoitusta, koska palon ollessa laatan yläpuolisessa tilassa ei lämpötilat lattian tasossa nouse standardipalokäyrän mukaisesti.

Taulukon 3.4 paksuuksia ei voi sellaisenaan käyttää ontelolaatan palonkestoajan määrittämiseen. Ontelolaattojen palonkestoajan määrittäminen tulee perustua muihin selvityksiin, kuten esimerkiksi tyyppihyväksyntään. Ontelolaattoja on tyyppihyväksytty paloluokkiin A30...A240, riippuen betonipeitteen paksuudesta, onteloiden määrästä ja laatan paksuudesta. Ontelolaatan vähimmäispaksuus ontelon alla vaihtelee paloluokissa A30...A240 välillä 20...50 mm.

Liittolaattojen palonkestoajat riippuvat laatan jännevälillä, laatan tuentatavasta, laatan ja liittolevyn paksuudesta ja lisäterästyksen määrästä sekä ominaiskuormituksesta. Eräällä valmistajalla palosuojaamattoman ja lisäteräsksettömän liittolaatan paloluokka A30 saavutetaan kun, laatan paksuus 240 mm, jänneväli 4500 mm ja ominaiskuorma 1,0 kN/m². Yleensä liittolaattojen jännevälit eivät voi olla pitkiä ja kuormituksen lisääntyessä sekä tukien kiinnittäminen pienentävät jännevälejä entisestään. Paloluokan vaihdeltaessa A30...A120, vaihtelee laatan jänneväli 1-9,5 metrin välillä riippuen edellä mainituista tekijöistä. [23]

Poimulevyjä käytetään myös osastoivina yläpohjarakenteina siten, että poimulevyn yläpintaan asennetaan palamattomasta materiaalista oleva lämmöneristyskerros ja vesieris-

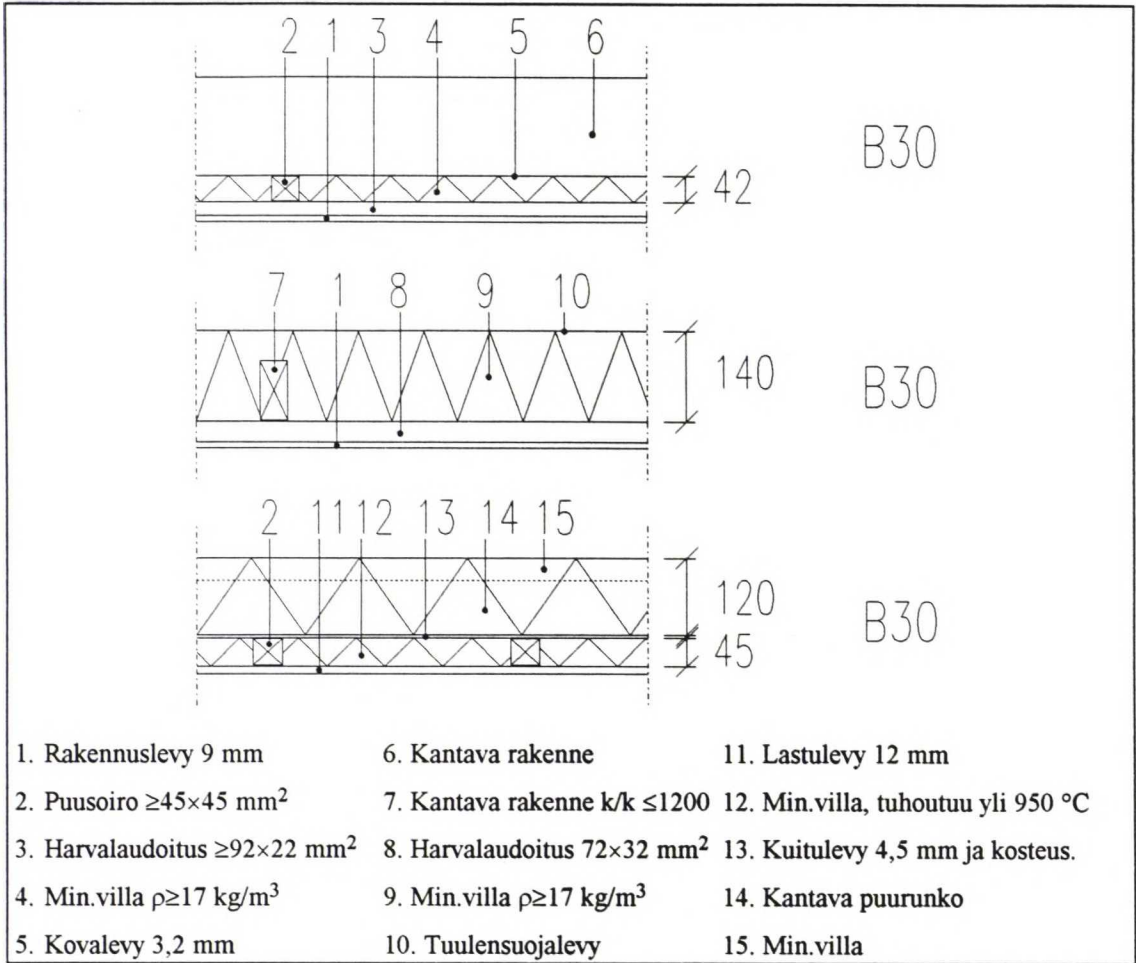


Kuva 3.4. Liittolevy ja betonin muodostaman liittolaatan rakenneperiaate. [23, s. 3]

tys. Palossa teräsrakenteet joutuvat yleensä alaspäin tulelle alttiiksi, jolloin teräsrakenteiden lämpötila noudattaa palotilan lämpötilaa. Tällöin poimulevyn taivutusjäykkyys alenee hyvin nopeasti, jolloin saavutetaan taipumarajatila hyvin nopeasti, noin 8-12 minuutissa. VTT:n tekemän tutkimuksen mukaan poimulevyllä onkin mahdollista saavuttaa 15 minuutin palonkesto vain, mikäli pellin tuet suojataan siten, että tuet kestävät poimulevyllä vaaditun palonkestoajan. [24, s. 94-95]

Syttyminen ja palon leviäminen johtuu lähinnä lämmön säteilystä ja palokaasun virtaamisesta rakennuksen sisällä paikasta toiseen. Palokaasut voivat virrata myös rakenteiden muodostamissa onteloissa, mistä syystä esimerkiksi profiilipeltirakenteiden ja ontelolaattojen sisäiset ontelot tulee sulkea osastojen rajoilla.

Yläpohjarakenteita, jotka ovat kevytrakenteisia, voidaan muuten pitää samanlaisina kuin välipohjarakenteita, mutta yläpohjassa on yleensä lisäksi lämmön- ja vedeneristys, kuva 3.3. Varsinkin vanhemmissa rakennuksissa on yläpohja toteutettu ilmatilallisena rakenteena, jossa palo voi levitä laajalle alueelle kenenkään huomaamatta.



Kuva 3.5. Osastoivia kevyitä väli- ja yläpohjarakenteita ja niiden palonkestoajoja. Osastointi rakenteen alapuolista paloa vastaan.

SRMK:n mukaan palava julkisivuverhous on katkaistava pystysuunnassa osastoivan välipohjan kohdalta 1,4 m matkalla tai vähintään 0,5 m palamattomalla ulkonemalla, vaatimus ei koske aukotonta julkisivua. [3, s. 34]

3.3 Ovet ja muut aukot

3.3.1 Osastoivat ovet

National Fire Protection Association (NFPA) ohjeiden mukaan osastoivassa seinässä olevien aukkojen pinta-ala ei saa ylittää 25 %:a minkään tyyppisessä osastoivassa seinässä. [25, s. 7-120]

Tällaista määräystä tai ohjetta ei ole missään suomalaisissa määräyksissä. Vaikka aukkojen edessä ei yleensä varastoida ja säilytetä samanlaisia palokuormia kuin seinien kohdalla, tulisi aukkojen pinta-alojen suhdetta osastoivan rakenteen pinta-alaan rajoittaa myös

suomalaisissa määräyksissä. Pinta-alan rajoittaminen olisi perusteltua sillä, että aukkoja suojaaville rakennusosille sallitaan jo nyt lievennyksenä puolet osastoivan rakenteen palonkestoajasta.

Osastoivaan oveen (palo-oveen) kuuluu ovilevy, karmi, oven liitانتä ympäröivään rakennusosaan, kynnyks ja kaikki oven varusteet, kuten salpa, lukko ja vedin. Yleisimmin osastovina ovina käytetään saranallisia yksi- tai kaksilevyisiä ovia ja liukupalo-ovia. [8, s. 5]

Osastoivat ovet voidaan niiden käyttökohteen mukaan jakaa teollisuusrakennuksen tuotantotiloissa käytettäviin ja henkilöliikenteessä käytettäviin oviin sekä erikoisoviin kuten arkiston- ja hissiovet. Tuotantotiloissa käytettäviä toiminnan perusteella jaoteltuja palo-ovityyppejä ovat liukuovet, rullaovet ja taitto-ovet. Henkilöliikenteessä yleisimmin käytössä ovat saranalliset yksi- ja kaksilevyiset palo-ovet ja rautalankalasiovet.

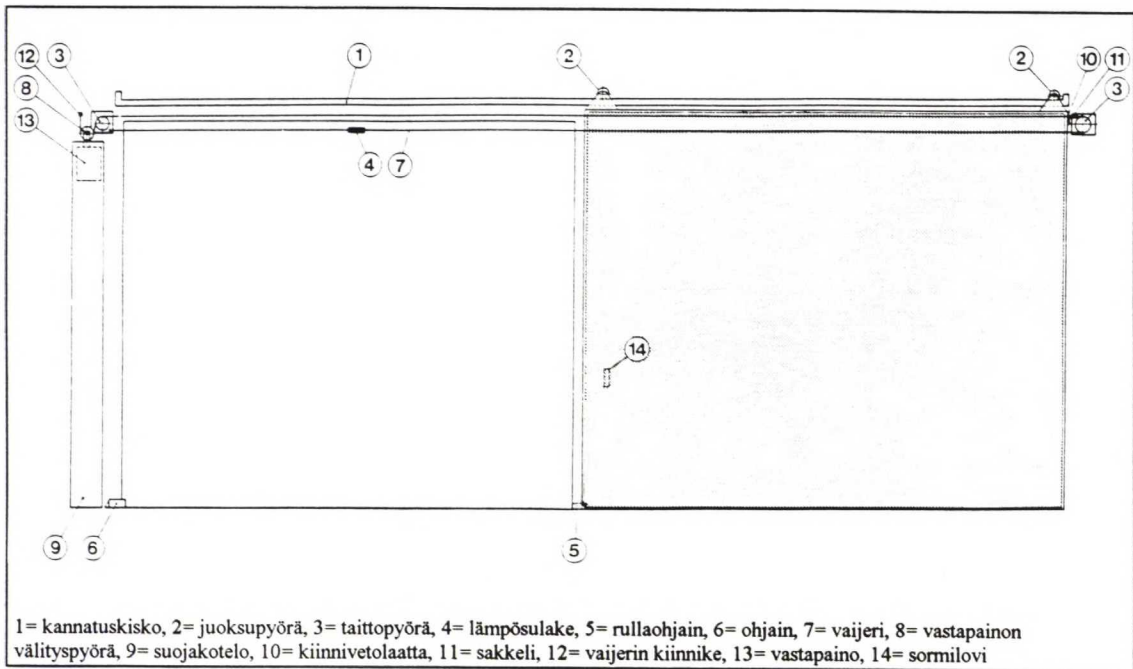
Liukupalo-ovia ovat horisontaalisuuntaan ja vertikaalisuuntaan liikkuvat ovet. Suomessa yleisin palo-ovityyppi on horisontaaliovi, joka toimii vastapainoon perustuvalla periaatteella. Muita horisontaaliovityyppejä ovat kallistuvaan rataan ja jouseen perustuvat ovet. Näitä ovityyppejä ja vertikaaliovia ei ole yleisesti Suomessa käytössä. Rullaovea voidaan pitää omana tyyppinä, eikä sen voida katsoa kuuluvan samaan ryhmään muiden vertikaaliovien kanssa.

Liukupalo-ovia ei tule sijoittaa yleisötiloihin, poistumisteihin, uloskäytäviin ja niihin johtaviin kulkuteihin. Tämä johtuu liukuovien huonosta tiiviyydestä, koska kynnykseen ja oven alareunan väliin jää rako, joka on noin 10 mm suuruusluokkaa.

Palo-ovet tulee olla yleensä suljettuina ja ovet tulee varustaa sulkimella, joka sulkee oven. Joissakin tapauksissa on välttämätöntä pitää palo-ovea auki työaikana, jolloin ovi tulee varustaa automaattisella sulkimella. Sulkeutuminen voidaan järjestää sähkömoottorilla, hydraulisesti tai pneumaattisesti. Palotilanteessa sulkijalaitteiston käynnistää lämpösulakkeen mekaaninen laukeaminen, savu- tai lämpöilmaisimen sähköinen impulssi.

Lämpösulakkeen laukeamislämpötilan tulisi olla normaalisti 50-70 °C ja se tulisi sijoittaa vaijeriin keskelle oviaukkoa ja yläreunan tasoon, missä palokaasujen kuumiin osiin virtaa. Lämpösulakkeita käytetään tiloissa, joissa henkilöturvallisuus ja omaisuuden vaarantuminen on vähäistä, kuva 3.6.

Savuilmaisin tulee sijoittaa noin 2 metrin etäisyydelle oviaukosta molemmille puolille ovea. Savuilmaisimia käytetään kun tilojen paloturvallisuus vaatii osastoivan oven sul-



Kuva 3.6. Horisontaali suuntaan toimivan liukupalo-oven osat. Lämpösulakkeella toimiva liukupalo-ovi on pidettävä joko täysin suljettuna tai täysin auki, jotta palo-ovi ei jäisi palotilanteessa osittain auki.

keutumista erityisen nopeasti palon sattuessa ja nykyään savuilmaisimien käyttöä suositellaan.

Lämpöilmaisimia käytetään tiloissa, jotka ovat käyttötarkoitukseltaan sellaisia, etteivät savuilmaisimet sovellu näihin tiloihin esimerkiksi virhelaukeamisten vuoksi. Lämpöilmaisimen laukeamislämpötila-alue on 54-62 °C, elleivät olosuhteet edellytä muuta.

Palo-ovessa tulee olla kynnyks tai muu este tiiviiden säilyttämiseksi sekä savu- ja palokaasujen leviämisen estämiseksi. Kynnyks estää myös palavien nesteiden valumisen palon aikana paloteknisestä osastosta toiseen. Kynnyks voidaan jättää liukupalo-ovista ja sarakkeisista palo-ovista pois jos niistä on liikenteelle haittaa ja henkilöturvallisuus ei vaadi savutiiviyyttä.

Palo-oven karmit tulee kiinnittää tiiviisti ja lujasti ympäröivään rakennusosaan. Tiivistys voidaan suorittaa esimerkiksi palamatonta polyuretaania, palotiivistysmassaa, massavalua tai muita palo-ovien saumojen tiivistykseen tarkoitettua ainetta käyttäen. Ovien yksityiskohtainen rakenne on määritetty tyyppihyväksyntäpäätöksissä. Tyyppihyväksyntäpäätöksen mukaista palo-ovea saa käyttää kooltaan pienempänä ja rakennusluvan myöntävän viranomaisen luvalla myös 10 % korkeampana ja 20 % leveämpänä.

Auki pidettävien, palon sattuessa automaattisesti sulkeutuvien palo-ovien ongelmana on niiden vaurioitumisherkyys normaalikäytössä. Tällaisessa oviaukossa liikennöidään tavallisesti trukilla, joilla herkästi vaurioitetaan palo-ovea huomaamattomasti. Näistä kulkuväylistä tulisi saranalliset palo-ovet jättää pois, oven turvaksi tehtyjen suojien toimivuuden varmistamiseksi tulisi suojat mitoittaa kyllin vahvoiksi ja oviaukko tulee tehdä riittävän suureksi. Tällä hetkellä on osastoivia rulla- ja taitto-ovia tyyppihyväksytty molempia yksi kappale ja osastoivia liukuovia on tyyppihyväksytty 11 kappaletta. [26, s. 65]

Pääsääntöisesti tulisi käyttää ympäristöministeriön tyyppihyväksymiä osastoivia ovia, mutta rakennusviranomaisen voi hyväksyä rakenteet myös muun riittävän selvityksen, esimerkiksi VTT:n lausunnon perusteella.

3.3.2 Osastoivat lasirakenteet

Osastoiviin rakennusosiin on käytännössä joskus pakko tehdä läpinäkyviä aukkoja, esimerkiksi silloin, kun halutaan näköyhteys valvomosta tehdashalliin tai ikkunattomaan tilaan halutaan saada luonnonvaloa poistumisteiden kautta. Osastoivien lasirakenteiden yleisenä ongelmana on lämpösäteilyn siirtyminen lasin läpi. Tästä syystä osastoivien lasirakenteiden liittyessä poistumisteihin niiden kokoa on rajoitettu ja niille on määriteltä palotekniset suojaetäisyydet.

SRMK:ssa vaaditaan, että mikäli osastoiva lankalasiovi tai muu lämpösäteilyä läpäisevä lasiovi johtaa suoraan uloskäytävään, suojaetäisyys oven ohittavasta kulkukaistasta on 1,5 m. Mikäli pielirakenteen lasiosien kokonaispinta-ala on 0,1-2 m², on 1,5 metrin etäisyysvaatimus riittävä. [27, s. 3]

Näillä lasirakenteiden koko- ja suojaetäisyysvaatimuksilla pyritään turvaamaan ihmisten turvallinen poistuminen rakennuksesta. SRMK:n opastavan ohjeen mukaan 1,5 metrin suojaetäisyyttä lähempänä ei saa säilyttää tai olla syttyviä rakenteita ja tarvikkeita.

Saksalaisen vakuutusyhtiön ohjeissa osastoivissa rakenteissa ei saa olla lasitettuja yksittäisiä aukkoja enempää kuin 1,5 m² ja tällöin lasirakenteen palonkestoaikaluokka tulee olla A90. [16, s. 11]

Lasirakenteet ovat lasiseiniä tai kiinnitetyinä palo-oviin, jolloin molemmissa tapauksissa lasit kiinnitetään ympäröiviin rakenteisiin metalliprofiileja käyttäen ja tiivistys tapahtuu palamattomilla materiaaleilla. Joissakin erikoistapauksissa lasit voidaan kiinnittää myös puukarmeihin, jolloin voidaan saavuttaa rautalankalaseja käyttäen B15-luokan osastoi-

vuus. Tällaisia rakenteita ei ole tyyppihyväksytty ja osastoivuus tulisikin todeta muulla tavalla esimerkiksi VTT tutkimusselostuksella.

Varsinaiset lasirakenteet voidaan jakaa toimintatavan ja materiaalien mukaan erilaisiin luokkiin. Ikkunoiden osastointivaatimukset voidaan toteuttaa palonkestävällä ja osastoivalla ikkunalla (lämpösäteilyä läpäisemätön), lämpösäteilyä läpäisevällä ikkunalla tai automaattisesti palon sattuessa sulkeutuvalla luukulla. Palon sattuessa automaattisesti sulkeutuva luukku on toimintaperiaatteiltaan samanlainen osastoivien palo-ovien kanssa, ks. luku 3.3.1. Lämpösäteilyä läpi päästäviä lasirakenteita voisi kutsua kirkkaiksi palolaseiksi ja lasirakenteita, jotka eivät päästä lämpösäteilyä läpi voi kutsua tummuviksi palolaseiksi.

Tavallinen lasi on lämpösäteilyä läpäisevä lasirakenne ja se rikkoutuu tulipalossa noin viiden minuutin kuluessa yleissyttymisen jälkeen. Tämä aiheutuu siitä, että lämpö johtuu tavallisessa lasissa huonosti, joten tulen puoleinen ja tulen vastakkainen puoli ovat eri lämpötiloissa. Tästä aiheutuneet lämpöjännitykset rikkovat lasin, sen hauraudesta johtuen. Lämpöjännityksistä aiheutuva rikkoutuminen voidaan estää asettamalla lasin sisään rautalankoja. Rautalankalasi säröilee tulipalossa, mutta tästä huolimatta se säilyttää tiiviytensä. Tulipalon jatkuessa edelleen lasi pehmenee ja rautalangat estävät lasilevyn repeämisen auki. Tyyppihyväksynnässä on rautalankalasioville annettu palonkestoajaksi A30 ja tällä hetkellä tyyppihyväksyttyjä erilaisia rautalankalasiovia on 8 kappaletta. [26, s. 75-76]

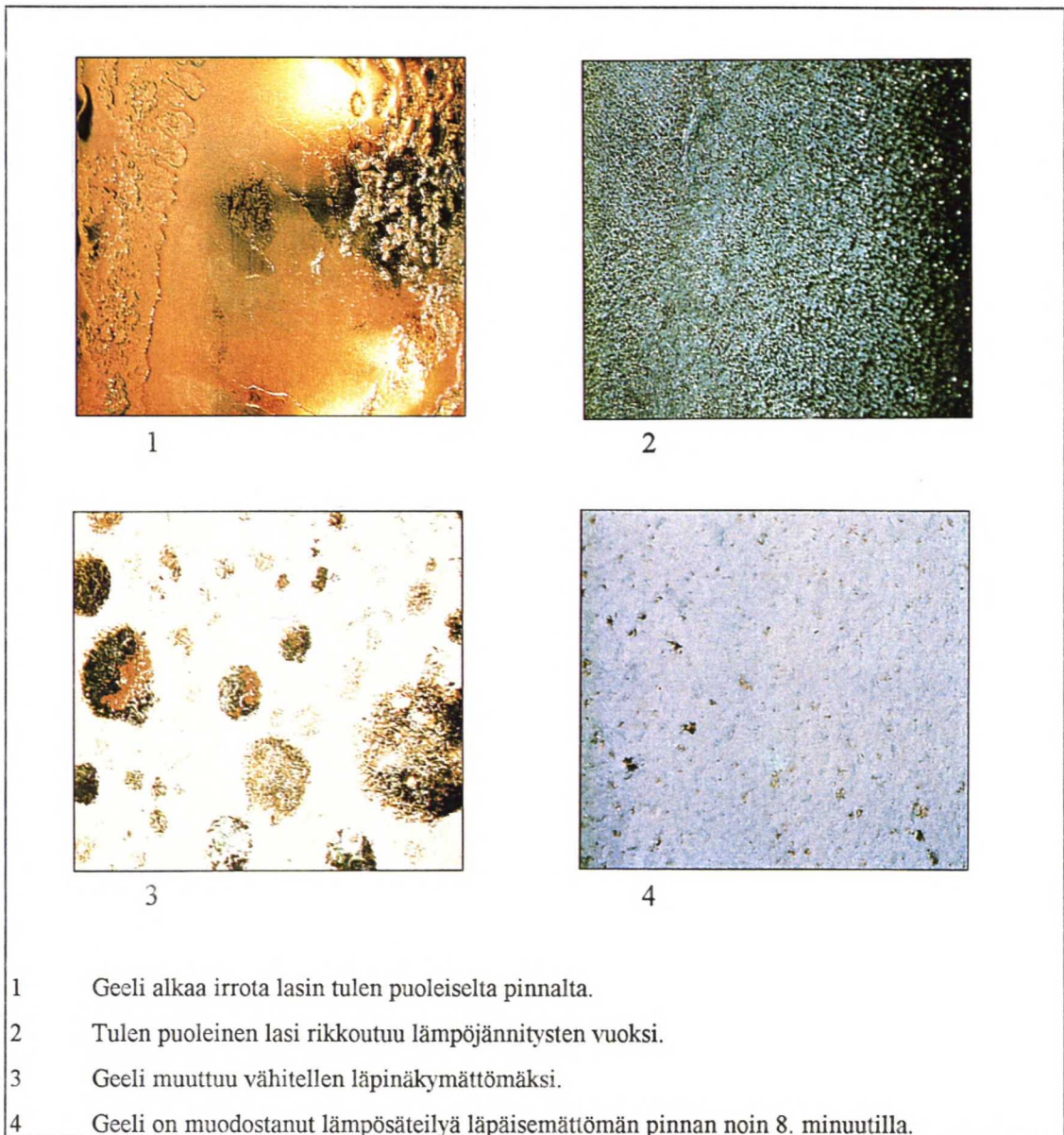
Toinen säteilyä läpäisevä lasirakenne on lasitiili, jolle ei tällä hetkellä ole yhtään tyyppihyväksyntää. Lasitiilien soveltuvuus osastoivaksi rakenteeksi on selvitettävä tapauskohtaisesti. Eräiden saksalaisten tutkimusselostusten mukaan lasitiilillä päästään A30- ja A60-paloluokkiin mutta näihin liittyy aina suojaetäisyysvaatimus. [28, s. 8-9]

Eräillä kerrostetuilla laseilla saavutetaan palonkestävyys, jota voidaan verrata rautalankalaseilla saavutettavaan kestävyYTEEN. Nämä lasirakenteet ovat ulkonäöltään ja paksuudeltaan normaalien lasien kaltaisia, mutta ne kestävät lämpöjännityksiä tavallisia laseja huomattavasti paremmin. Kerrostetuissa laseissa ei ole rautalankoja ja ne ovat täysin läpinäkyviä. Näitä kerrostettuja laseja käytetään yleensä rautalankalasiensa sijasta A30-luokassa. Kerrostettuja lasirakenteita on tyyppihyväksytty osastoivissa A30-luokan ovissa. [6, s. 34]

Kerrostetut lasit koostuu yleensä kahdesta karkaistusta turvalasista, jotka on yhdistetty laminoimalla. Rakenne kestää myös iskuja paremmin kuin tavallinen lasirakenne.

Ulkomailla on käytössä lasia, joissa käytetään eri materiaaleja. Tällaisia ovat boorilasi ja keraaminen lasi, jotka kestävät lämpöjännityksiä paremmin kuin tavallinen lasi. Näillä lasilla on korkeampi sulamispiste, jonka vuoksi lasi ei rikkoudu yhtä nopeasti kuin tavallinen lasi. Keraaminen lasi ei kestä erikoisominaisuuksiensa vuoksi iskuja, mikä rajoittaa sen käyttöä. [29, s. 6]

Lämpösäteilyä läpäisemättömien lasirakenteiden toiminta perustuu lasien välissä olevan geelin toimintaan, kuva 3.7. Tulipalon sattuessa lasien sisältämä geeli absorboi lämpösäteilyä muuttuen asteittain tummaksi, läpinäkymättömäksi vaahdoksi. Geelin estäessä lämpösäteilyn pääsyn lasin läpi pysyy lasin tulen vastakkainen puoli suhteellisen viileänä, yleensä alle 80 °C, lasille ilmoitetun palonkestoajan. Geelin tummuminen tapahtuu noin



Kuva 3.7. Tummuviien palolasien toiminta palotilanteessa. [30, s. 4]

10 minuutin kuluessa lämpösäteilyn alkamisesta.

Tummuissa palolaseissa rakenne muodostuu kahdesta tai useammasta karkaistusta lasilevystä, jotka ovat yhdistetty metallisella välikappaleella ja lasien väli on täytetty lasinkirkkaalla geelillä. Metallinen välikappale tulee lämmöneristää esimerkiksi kovapuulla, kipsikartongilla tai tähän tarkoitukseen suunnitellulla vastaavalla materiaalilla. Yleensä geeli koostuu polymeereistä, johon on yhdistetty epäorgaanista suolaliuosta. Kohteesta riippuen lasien määrää ja geelin paksuutta voidaan muuttaa siten, että tarvittava osastoivuus lasirakenteella saavutetaan. Tummuja osastoivia palolaseja on tyyppihyväksytty A30-A120-luokkiin. Tummuja palolaseja voidaan käyttää kuten mitä tahansa osastoivaa rakennusosaa.

3.3.3 Osastoivan seinän läpäisevät kuljettimet

Kuljettimet aiheuttavat ongelmia läpäistessään osastoivia rakenteita, koska kuljettimilla kuljetetaan eri kokoisia ja muotoisia tuotteita ja kuljettimen järjestelyitä ei voida yhtenäistää koskemaan kaikkia tarpeita. Paras ratkaisu olisikin vaihtoehtoiset ratkaisut, jolloin kuljettimen ei tarvitse läpäistä osastoivaa rakennusosaa. Kuljettimen läpäistessä osastoiva rakennusosa tulee aukko varustaa osastointivaatimukset täyttävällä ja automaattisesti sulkeutuvalla osastoivalla paloluukulla. Kuljettimen osastoiva paloluukun tulee olla toimintaperiaatteiltaan vastaavanlainen muihin osastoiviin oviin, ks. luku 3.3.1.

Osastoivissa rakenteissa olevia kuljetinaukkoja suojaamaan käytetään usein vertikaalisuuntaan toimivia liukupalo-ovia. Tällainen giljotiinin tavoin toimiva liukupalo-ovi voi katkaista kuljettimen hihnan, kun palo-oven laukaisin laukaisee oven toimintaan. Tällä hetkellä markkinoille on tulossa järjestelmiä, joilla voidaan osastoinnin toimivuus palotilanteessa varmistaa paremmin kuin tällä hetkellä ja tavaroiden kuljetus on entistä turvallisempaa.

Jos kuljettimen rata kulkee osastoivan seinän kohdalla alaspäin ei osastoinnin järjestäminen ole suuri ongelma. Tarvittaessa aukko voidaan suojata sprinklerein, joka ei kuitenkaan korvaavan osastoivaa paloluukkuja. [31, s. 8]

3.4 Läpiviennit

3.4.1 Kaapeliläpiviennit

Osastoivan rakenteen läpäiseviä kaapeleita ovat sähköenergian siirtoon tarvittavat voimakkaapelit ja viestintäyhteyksissä käytettävät puhelin- ja ATK-kaapelit. Kaapelien palava pinnoite muodostaa paloteknisestä osastosta toiseen paloa levittävän nauhan, joka on katkaistava läpimenokohdasta asianmukaisella palokatkolla. Tämä on yleisesti kaapeliläpivientien ongelma, sillä kaapeliläpivientien ja läpivientikohdissa olevien aukkojen sulkemiseen ei kiinnitetä riittävästi huomiota. Tällöin palo pääsee leviämään kaapelipinnoitetta pitkin paloteknisestä osastosta toiseen. Kaapelihyllyjä ei saisi viedä osastoivan rakenteen läpi, vaikka joitakin läpivientiratkaisuja on tyyppihyväksytty myös sellaisena, joissa kaapelihylly menee kaapeleiden mukana läpi osastoivan rakennusosan. Kaapelihyllyjä ei tulisi viedä osastoivan rakenteen läpi siksi, että palotilanteessa kaapelihyllyn päälle voi tippua jotain siten, että kaapelihylly rikkoo osastoivassa rakenteessa olevan kaapeliläpivientin tiivistyksen.

Läpivientiaukko tulisi suunnitella siten, että aukon läpi ei mene liian monia kaapeliasennuksia suhteessa käytettyyn sulkemismenetelmään. Jos asennukset eivät mahdu yhteen aukkoon, tulisi tehdä lisää aukkovarauksia. Tämä lisää kustannuksia, mutta ei ole tarkoituksenmukaista sulkea ylitäytettyä läpivientiaukkoa kalliilla sulkumassalla, jos läpivientin toimintaan ei voida palotilanteessa kuitenkaan luottaa. [32, s. 23]

Läpivientien palotekniseen testaukseen on olemassa koemenetelmä SFS 4193 (NT FIRE 005, ISO 834-1 (1992)) ja tästä menetelmästä kehitetty vaativampi yleiseurooppalainen koemenetelmäehdotus CEN/TC 127 N 358. VTT:n tutkimuksen mukaan CEN menetelmäehdotus on muutamien pienien parannusten ja lisäysten jälkeen riittävän yksityiskohdainen ja käyttökelpoinen kaapeliläpivientien testaukseen. [33, s. 9]

Erilaisia kaapeliläpivientien lopullisia sulkemisjärjestelmiä ovat (1) tiiviste-elementit, (2) paisuvat massat, (3) erilaiset valumassat, (4) palolevyt, (5) läpivientiputket, (6) mineraalivillasulut. Rakennus- ja väliaikainen kaapeliläpivientien tiivistäminen voidaan suorittaa mineraalivillaa tai palopusseja käyttäen. Suositeltavampaa on kuitenkin sulkea läpivientiaukot lopullisella tiivistämistratkaisulla, sillä väliaikaiset ratkaisut pyrkivät jäämään lopullisiksi, jonka vuoksi palon aikana sulun tiiviys voi olla kyseenalaista.

(1) Tiiviste-elementit

Elementtejä voidaan käyttää tiili- ja betonirakenteisissa osastoivissa läpivienneissä aina paloluokkaan A120 asti. Tiiviste-elementit ovat metallikuorisia, joiden sisälle asetetaan muotoon leikattuja kovakumipaloja tai pehmeää kumia. Yleensä elementit ovat vesi- ja kaasutiiviitä. Haittoina on elementtien kalleus ja kaapeleiden lisäys on usein työlästä sekä elementtien asennus edellyttää tarkkaa suunnittelua. Silloin kun kaapeleita joudutaan kuitenkin läpivienteihin jatkuvasti lisäämään on elementtiratkaisu käyttökelpoinen ja huomioon otettava vaihtoehto. Elementtejä käytetäänkin erikoisratkaisussa esimerkiksi laivoissa, ydinvoimaloissa, väestönsuojissa ja tapauksissa, joissa tarvitaan räjähdyskestävyyttä. Kaupallisia tuotemerkkejä ovat: MCT-elementti, edustaja Merilux Oy. Sähkökaapeliläpivientielementti, edustaja Sewatek Oy. Sj-150, Temet Oy. BST-SB/SS, SKS-tekniikka Oy. Roxtec, Navidec Oy. Bayerin Fomox, CSD International BV Hollanti. Suomessa tyyppihyväksytty on ainoastaan Sähkökaapeliläpivientielementti, muita elementtejä on hyväksytty useissa eri maissa muttei Suomessa.

(2) Paisuvat massat

Paisuvat massat lämmitessään laajenevat tilavuudeltaan moninkertaisiksi. Massoja käytetään suluissa, jotka ovat kylminäkin tiiviitä ja suluissa, jotka ovat kylminä avoimia. Yleisimmin tällaisissa suluissa käytetään silikonimassaa, muita materiaaleja ovat palonkestävä polyuretaani, vaahtokumi ja erilaiset sekoitteet. Nämä sulkemisjärjestelmät soveltuvat kaikenlaisiin osastoiviin rakenteisiin aina paloluokkaan A120 asti. Silikonimassan etuina ovat joustavuus, massan tunkeutuminen ahtaisiin väleihin asennuksessa, helpot ja varmat jälkiasennukset ja hyvä palonkestävyys. Huonoja puolia ovat korkea hinta sekä asennuksen vaatima erikoislaitteisto ja -ammattitaito. Silikonimassa voidaan ruiskuttaa suoraan sulkuun tai siitä voidaan tehdä valmiita sulkukappaleita, jotka jätetään valun. [32, s. 29-30]

Vaahtokumi on helposti käsiteltävää ja siitä voidaan helposti muotoilla halutun muotoisia kappaleita. Leikattavien kappaleiden tulee olla hiukan suurempia kuin aukko johon ne tulevat, jolloin vaahtokumi paisuu aukossa ja tiivistyy näin aukon reunoja vasten.

Muovi- tai metalliputken ympärille ja sisään asennettu paisuva massa tai maali, joka 180-200 °C lämpötilassa paisuu sulkien näin läpiviennin. Huonona puolena voidaan pitää savu- ja palokaasujen pääsyä sulun läpi ennen massan paisumista. Tämäkin voidaan estää käyttämällä esimerkiksi silikonია tiivistysaineena. Kaupallisia tuotemerkkejä ovat mm.: Studsvik FS-03, FS-kuristaja, joita edustaa Thorsman Oy. Lytec, jota edustaa Merilux Oy ja Musta Aukko, jota edustaa Nokia Kaapeli Oy. Näistä Suomessa tyyppihyväksyttyjä ovat Studsvik FS-03 ja FS-kuristaja.

(3) Erilaiset valumassat

Valumassoja ovat kipsi- ja sementtipohjaiset massat sekä pii-, siporex- ja vermikuliittimassat. Massat voivat olla laastimaisia, helposti juoksevia tai pumpattavia ja massoja käytetään yleensä tiili- ja betonirakenteissa paloluokissa A60-A240. Nämä tiivistysratkaisut ovat suhteellisen halpoja verrattuna muihin menetelmiin. Yleensä suluilla saavutetaan vesi- ja kaasutiiviys. Vaikeutena on kaapeleiden lisäys, mikä vaatii läpivientien purkamista (piikkausta) ja uudelleen valua. Tähän ongelmaan on kehitetty läpivientien valmistelementtejä, johon kaapeleiden lisäys on yksinkertaista läpivientielementissä olevien tulp-pien ansiosta. Tämän lisäksi elementti säilyttää läpiviennin tiiviyn ja palokestävyyden palon ajan. Kaupallisia tuotteita ovat mm.: GPG-palokatko, jota edustaa Palokatkomiehet Oy. Flammadur-F E473, jota edustaa AEG Finland Oy. Intumex KS30, jota edustaa Bang&Co Oy. Siporex-massa ja Vermi-betoni 1100, jota edustaa Vermipu Oy. Studsvik FS-standard, jota edustaa Thorsman Oy. Suomessa tyyppihyväksytyjä tuotteita ovat GPG-palokatko, Flammadur, Intumex KS30 ja Studsvik FS-standard.

(4) Palolevyt

Palolevyjä käytetään tavanomaisissa välipohja- ja seinärakenteissa, palonkestoajaksi A90 asti. Etuina on saatavuus määrämittaisena ja helppo työstettävyys. Haittoina voidaan pitää sitä, että menetelmä edellyttää tiivistysaineiden käyttöä, on suhteellisen kallis ja kaapeleiden asentaminen jälkikäteen on hankalaa. Kaupallisia tuotteita on markkinoilla vain yksi, Salpa-palolevy. Suomessa ei ole tyyppihyväksytty yhtään palolevyillä toteutettua läpivientien tiivistysratkaisua. Suomessa Helsingin Puhelinyhdistys käyttää omissa läpivienneissään palolevyä läpiviennin tiivistämiseen ja HPY onkin kehittänyt omaan käyttöön sopivan menetelmän.

(5) Läpivientiputket

Putkia käytetään tiili- ja betonirakenteisissa seinissä ja välipohjissa. Putket jätetään valuun ja kaapelit lisätään valun tai muurauksen jälkeen. Läpivientiputkia löytyy sekä yhdelle kaapelille ja kaapeliniipuille tarkoitettuja läpivientiratkaisuja. Paloluokka on mahdollista toteuttaa paloluokkaan A120 asti. Läpivientiputkissa putki on pinnoitettu pehmeällä kumilla, jonka keskellä olevaan aukkoon yksittäinen kaapeli asennetaan. Kaapelin halkaisijan tulee olla suurempi tai vähintään yhtäsuuri kuin kumissa oleva aukko tiiviyn saavuttamiseksi. Kaapeliniippu läpivienti tulee lisäksi tiivistää palonsuojamassalla. Läpivientiputket ovat lähes samoja kuin kohdassa (2) paisuvat massat-kohdassa on ker-

rottu. Kaupallisia ratkaisuja ovat mm. YKL-läpivienti ja KNL-läpivienti, joita edustaa Sewatek Oy ja molemmat on tyyppihyväksytty Suomessa.

(6) Mineraalivillasulut

Tähän ryhmään kuuluvat mm. pelti/villa/pelti-sulku, jonka toimintavarmuus on hyvin kyseenalaista ja valitettavan yleisesti käytetty ratkaisu. Tilapäisratkaisuna mineraalivillan käyttö on hyväksyttävää, koska sulku on tällöin helppo toteuttaa eikä se vaadi erikoistyökaluja ja kaapeleiden lisääminen on helppoa. Mineraalivillalla toteutetut tiivistämiskäisut eivät ole savu- eikä vesitiiviitä ja peltiä käytettäessä on kaapeleiden vaurioitumisriski. Mineraalivillalla toteutettuja läpivientiratkaisuja ei ole tyyppihyväksytty Suomessa.

3.4.2 Putki- ja ilmastointiläpiviennit

Putki- ja ilmastointiläpivienti ei saa aiheuttaa osastoivan rakenteen palonkestävyyden heikennystä. Tästä johtuen putkien läpiviennit tulee tiivistää siten, että ne täyttävät osastoivalle rakennusosalle asetetun palonkestoajan. Kun läpimenevät putket ovat palamattomaa materiaalia, voidaan läpiviennin tiivistäminen suorittaa käyttäen valettavia palonsuojamassoja kuten kipsi- ja sementtipohjaiset massat sekä pii-, siporex- ja vermikuliittimassat, ks. luku 3.4.1. Massat voivat olla laastimaisia, helposti juoksevia tai pumpattavia. Pienempiä putkiläpivientejä varten on olemassa Suomessa viisi tyyppihyväksyntää eri materiaalia oleville putkille, joiden palonkestoaikavaatimus on A30-A180 sekä muutama ratkaisu, joita ei tyyppihyväksytty. Kaupallisia tuotteita ovat Ok-Essem, SH/Armaflex, LJ/HLO, Intumex RS10 ja Intumex MW, jotka ovat tyyppihyväksytyjä ja tyyppihyväksymättömiä ovat mm. RGP ja Intumex RS20.

Muoviputkien vienti osastoivan rakennusosan läpi aiheuttaa jo suuremman ongelman. Kokemukset ja palotestit ovat osoittaneet, että muoviputki palaa poikki, jotkut muovit tuottavat palaessaan muoviroiskeita ja palon leviäminen voi olla tosiasia. [34, s. 11]

Palavaa materiaalia oleva putki onkin osastoivan rakenteen kohdalla katkaistava, jotta palo ei pääse leviämään paloteknisestä osastosta toiseen. Tällainen palosuojaus voidaan suorittaa esimerkiksi käyttäen ns. roiloa, jossa putki sijoitetaan sitä varten rakennettuun kanavaan. Osastoivan rakenteen kohdalla käytetään tiivistettyä putkiläpivienttiä, jolla saavutetaan osastoivalta rakenteelta vaadittu palonkesto aika.

Putkiläpivienttien tiivistämisen lisäksi tulee ilmastointihormeihin liittää palorajoittimet silloin, kun paloteknisten osastojen tiloja liitetään keskusilmanvaihtolaitokseen.

Palorajoittimet tulee asentaa tukevasti kiinni osastoivaan rakennusosaan tai hormiin ja sijoittaa siten, että ne toimivat mahdollisimman tehokkaasti. Palorajoittimena voi toimia sulkeutuva palorajoitin, kuristin ja nousuhormi.

Sulkeutuva palorajoitin on yleisimmin hyväksytty palopelti, jonka sulkeutuminen tapahtuu tavallisesti jousivoiman avulla. Laukeaminen suoritetaan lämpösulakkeella, jonka toimintalämpötila on $50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Ilman normaalin käyttölämpötilan ollessa tätä suurempi, voidaan laukeamislämpötilana käyttää $20\text{...}30\text{ °C}$ käyttölämpötilaa korkeampaa laukeamislämpötilaa. Palopellin toimintaa voidaan ohjata myös paloilmaisimen avulla sähköisellä tai pneumaattisella toimilaitteella.

Kuristin rajoittaa savukaasujen virtausta ilmanvaihtojärjestelmään ja sitä voidaan käyttää, mikäli suurin sallittu ilmavirta on $150\text{ m}^3/\text{h}$, paine-erolla 100 Pa . Nousuhormi voi toimia palorajoittimena, mikäli se nousee erillisenä vähintään $2,5$ metriä ja sen halkaisija on enintään $1/10$ -osa hormin pituudesta. [35, s. 3]

3.5 Rakennuksen lay-outin vaikutukset osastointiin

Rakennuksen osastoivat rakenteet tulisi sijoittaa siten ettei niistä aiheudu liikaa ylimääräisiä kustannuksia ja osastoivat rakenteet eivät saa kohtuuttomasti vaikeuttaa rakennuksessa tapahtuvaa toimintaa. Varaston ja tuotantotilan välissä olevien osastoivien rakenteiden tulee olla niin sijoitettuna ja sellaisia, etteivät ne estä tuotannon tuotteiden välitöntä varastointia. Jos varastointi viivästyy osastoivien rakenteiden vuoksi, aiheutuu tästä yritykselle kustannuksia ja itseasiassa paloriskit voivat lisääntyä, jos varastointi on järjestetty liian hankalasti. Tällöin tuotteet voivat jäädä tuotantotilojen puolelle, mikä lisää tilojen palokuormaa ja syttymislähteitä.

Rakennuksen jakaminen osastoinnilla ei saa vaikeuttaa rakennuksessa tapahtuvaa toimintaa tai toimivuutta. Esimerkiksi varastorakennusta ei kannata osastoida pieniin osastoihin, koska tuotteiden varastointi vaikeutuu, osastoivien ovien vaurioituminen on toden näköistä niiden määrän noustessa. Näiden lisäksi käyttöhenkilöstön on vaikea ymmärtää osastoinnin merkitystä.

Omaehtoinen, rakennusmääräyksiä tiukempi osastointi on yleensä taloudellisesti edullinen palotekninen suojaustoimenpide. Tällainen osastointi tulee kuitenkin suunnitella osana tuotantoprosessia, jolloin vältetään tuotantoa häiritsevä osastointi. Jos suunnittelussa kuitenkin päädytään suuriin palo-osastoihin, tulee rakennus varustaa suurvahinkojen välttämiseksi esimerkiksi sprinklerilaitteistolla.

Tuotantolaitoksen jakamista useisiin paloteknisiin osastoihin puoltaa se seikka, että palon sattuessa tuotannon pysähdys ei olisi niin pitkä kuin se olisi siinä tapauksessa, että osastointi olisi suoritettu maksimipinta-alojen mukaan. Tällöin on kuitenkin pidettävä huolta osastoivissa rakenteissa olevien aukkojen, kuten läpiviennit ja palo-ovet, riittävästä tiivistämisestä. Prosessien jatkuessa osastoivien rakennusosien läpi voi läpivientien määrä kasvaa niin suureksi, ettei vapaaehtoisen osastoinnin toteuttaminen ole käytännössä mahdollista.

3.6 Osastoivien rakennusosien räjähdyskestävyys

Räjähdysvaaralliset tilat tulee tehdä siten, että osa tilaa rajoittavista rakennusosista tehdään räjähdyspaineen kestäviksi ja toiset rakennusosat siten, että ne avautuvat räjähdyspaineen vaikutuksesta turvalliseen suuntaan.

Paineenkestävät rakenteet tulee olla sitkeitä, jollaisia ovat teräsbetonirakenteet ja teräsrakenteet. Räjähdyspaineen keventämiseen sopivia rakenteita ovat kevyet levyrakenteet, jotka aukeavat helposti räjähdyspaineen vaikutuksesta. Räjähdysvaarallisiin tiloihin ei saa sen sijaan rakentaa osastoivaa seinää tiilestä, koska tiiliseinä rikkoutuu pienestäkin paineesta ja aiheuttaa suurta vahinkoa omaisuudelle sekä vaarantaa henkilöturvallisuuden.

Palo-ovien käyttö räjähdysvaarallisten tilojen muiden tuotantotilojen puolella tulee välttää, koska palo-oven aukeaminen tuotantotilaan vaarantaa henkilöturvallisuuden ja koko prosessin toiminnan. Palo-ovet voivat lisäksi saada räjähdyksessä niin suuria taipumia tai irtoavat kokonaan, että räjähdysten jälkeisessä palossa pääsee palo leviämään palo-oven kautta toiseen osastoon. Näiden tekijöiden lisäksi palo-ovien valmistajilla ei ole tarpeellista tietoa ovien suunnittelusta ja kestävyyydestä räjähdyspaineelle. Paineen purkavina rakenteina palo-ovien tulisi toimia siten, että ovi lähtee paikaltaan karmien pettäessä.

Räjähdysvaarallisten tilojen osastoivina rakennusosina ei tule käyttää lasirakenteita, muuten kuin räjähdyspaineen purkavana rakennusosana. Suunnittelussa tulee tarkkaan harkita lasirakenteiden käyttö, sillä lasi muodostaa rikkoontuessaan teräväreunaisia kolmiomaisia sirpaleita, jotka aiheuttavat aineellisten vahinkojen lisäksi ihmisille syvälle ihoon ulottuvia viilto- ja pistohaavoja.

Lankalasi muodostaa vähän sirpaleita, jotka lankaverkko pitää koossa. Kuormituksen kasvaessa sirpaleet irtoavat. Karkaistu lasi tai laminoitu lasi muodostavat paljon tylppiä

raemaisia siruja. Polykarbonaattilasi on sitkeä materiaali ja paineaallon kuormittamat ruudut eivät murru vaan taipuvat ja irtoavat osittain tai kokonaan puitteistaan. [36, s.25]

Läpivientiaukkojen sulkemisjärjestelmistä valettavat massat ja tiivistyselementit kestävät pieniä räjähdyspaineita (400...1000 kPa), mutta muiden läpivientitiivistysten paineensietokyky on hyvin pieni. Tämä tuleekin ottaa huomioon läpivientejä räjähdysvaarallisiin tiloihin tehtäessä.

4 Osastoivien rakenteiden toiminta vahinkotilastojen mukaan

4.1 Palovahinkoaineiston tarkastelu

Osastoivien rakenteiden osallisuutta palojen leviämiseen tarkastellaan sekä Teollisuusvakuutuksen tilastojen (vahinkopankki) että palotapausten seurantajärjestelmän kokeilun 1989-1990 (Tampere) perusteella. Palotapausten seurantajärjestelmän kokeilun tilastoista saadaan suhteellisen helposti osastoivien rakenteiden käyttäytyminen palotilanteissa. Seurantajärjestelmän tilastoja on tarkemmin tarkastellut Impola omassa diplomityössään [38]. Palovahinkojen tilastointi rakennustekniseltä kannalta paranee huomattavasti kun palotapausten seurantajärjestelmä kokeilusta kehitetty palo- ja pelastustoimen onnettomuustilastointijärjestelmä (ONTI) on saatu täysin käyttöön ja sen käytännön ongelmat on ratkaistu.

Teollisuusvakuutuksen palovahinkotilastointi osastoivien rakenteiden osalta on vielä puutteellista ja ainoastaan vapaamuotoisten selostusten varassa. Tämän vuoksi osastoivien rakenteiden osallistuminen palojen etenemiseen jää pienemmälle huomiolle kuin todellisuudessa on, koska osastoivien rakenteiden osallisuutta ei aina vapaamuotoisessa kuvauksessa tiedosteta. Osastoivien rakenteiden osallisuus palon leviämiseen jää vähemmälle huomiolle ainakin sellaisissa tapauksissa, joissa osastoivat rakenteet ovat toimineet palon etenemisen pysäyttävänä rakenteena. Tilastointi paranee myös vakuutusyhtiöiden osalta, kun ONTI-järjestelmästä saadaan tulostettua tilastoja.

Teollisuusvakuutuksen tilastoaineiston kattavuus verrattuna koko maassa eri vuosina sattuneisiin suurpalovahinkoihin on tarkasteltu taulukossa 4.1. Koko maan vahinkomää-

Taulukko 4.1. Teollisuusvakuutuksen palovahinkojen kattavuus yli miljoonan markan vahingoista verrattuna Suomessa vuosittain sattuneisiin palovahinkoihin.

Vuosi	SVK kpl	SVK Mmk	TEVA kpl	TEVA Mmk	TEVA:n vahinkojen osuus Suomen palova- hingoista	
					%(kpl)	%(Mmk)
1993	66	290	9	57	14	20
1992	84	322	6	61	7	19
1991	75	271	4	16	5	6
1990	89	338	9	56	10	17
1989	80	351	13	87	16	25
Yhteensä	394	1572	41	277	10	18

rät on saatu Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton (SVK) julkaisemista tilastoista.

Taulukosta 4.1 havaitaan, että Teollisuusvakuutuksen tilastoaineiston kattavuus markkamääräisistä vahingoista on lähes viidesosan luokkaa, joka on huomattavasti suurempi osuus kuin määrällinen osuus (kymmenesosa) antaisi ymmärtää. Tämä tarkoittaa sitä, että Teollisuusvakuutuksen vakuuttamat kohteet ovat keskimääräistä suurempia kohteita. Teollisuusvakuutuksen vakuutuskannasta suurin osa onkin teollisuusyrityksiä, jonka vuoksi vahinkojen sattuessa korvausmäärät ovat suuria. Voidaan siis olettaa, että kun tarkastellaan Teollisuusvakuutuksen vahinkotilastoja, on tarkasteltava tilastoaineisto tarpeeksi kattava, jotta sen perusteella voidaan tehdä yleisiä johtopäätöksiä.

Impola tutki omassa diplomityössään kattorakenteiden vaikutusta palovahinkoihin. Tässä työssä Impola tutki Teollisuusvakuutuksen palovahinkotilastoja saaden suurpalojen sytymissyiksi taulukossa 4.2 mukaisen jaottelun. Taulukon arvot on täydennetty ajan tasalle ottaen mukaan vuoden 1993 loppu ja vuoden 1994 heinäkuun loppuun mennessä sattuneet palovahingot.

Syttymissyistä "Muut" suurin oli oikosulku ja seuraavina kipinä koneesta sekä kemiallinen reaktio. Taulukosta 4.2 havaitaan, että suurin yksittäinen syttymissy on tulityöt, jolla ymmärretään työtä, jossa esiintyy kipinöitä, liekkejä tai lämpöä. Näistä tarkemmin tilastoja katsoessa havaitaan hitsauksen olevan suurin tulitöiden aiheuttama syttymissy. Hitsaus aiheutti 57 % tulitöihin luettavista vahingoista.

Taulukosta 4.3 havaitaan, että osastoivien rakenteiden vaikutus palon leviämiseen osas-

Taulukko 4.2. Suurpalojen ($\geq 500\,000$ mk) syttymissyyt Teollisuusvakuutuksen palovahinkotilastojen mukaan vuosina 1.1.1985-31.7.1994. Taulukossa ei ole mukana omavastuun alle jääneitä palovahinkoja (25 kpl).

Syttymissy	Lukumäärä kpl	Lukumäärä %	Korvaukset Mmk	Korvaukset %
Tuntematon	51	30	165	32
Tulityöt	28	17	112	22
Tuhopoltot	5	3	48	9
Itsesyttyminen	9	5	10	2
Räjähdyt	22	13	64	12
Ylikuumeneminen	10	6	41	8
Muut	43	26	80	15
KAIKKI YHTEENSÄ	168	100	520	100

Taulukko 4.3. Palotapausten seurantajärjestelmä kokeilun (Tampere 1989-1990) tilastoaineiston mukaan palon leviäminen osastosta toiseen. [38, s. 38]

Palotekninen luokka	Palon leviäminen osastosta toiseen kpl	Rakennusten luku- määrä kpl	Suhteellinen osuus %
Paloahdistava rakennus	13	54	24
Paloapitävä rakennus	6	18	33
Palonkestävä rakennus	10	144	7
YHTEENSÄ	29	216	13

tosta toiseen riippuu ratkaisevasti rakennuksen paloteknisestä luokasta. Tämä johtuu siitä, että palonkestäville rakennuksille asetetaan kovemmat vaatimukset osastoivien rakenteiden palonkestoajoille ja osastojen muiden rakenteiden sekä osastoivien rakenteiden pintamateriaaleille. Taulukosta voitane päätellä myös se, ettei palavien ja vähäisen palonkestoajaluokan omaavien osastoivien rakennusosien palonkestävyys ole kuitenkaan niin hyvä kuin siltä vaaditaan.

4.2 Osastoivat rakenteet palovahinkotilastoissa

4.2.1 Osastoivien rakenteiden osuudet palovahingoissa

Taulukossa 4.4 on esitetty Tampereen palotapausten seurantajärjestelmäkokeilun tuloksia osastoinnin pettämisen osalta. Taulukossa 4.5 on esitetty vastaava tilastotieto, joka on saatavissa Teollisuusvakuutuksen vahinkopankista. Taulukoissa on eroja, sillä Teollisuusvakuutuksen tilastointi ei anna yhtä tarkkaa kuvaa osastoivien rakenteiden

Taulukko 4.4. Palotapausten seurantajärjestelmä kokeilun (Tampere 1989-1990) mukaan osastoinnin pettämisen syyt. Suluissa pettävän osastoivan rakenteen prosenttiosuus kaikista tapauksista. [38, s. 39]

Osastoivan rakennus- osan palonkestoajaluokka	Osastoiva rakennusosa ei kestänyt läm- pöärsitystä	Läpiviennit puutteellisia	Palo-ovi tms. auki	YHTEENSÄ
B15	1 (3%)	0 (0%)	1 (3%)	2 (7%)
B30	10 (34%)	0 (0%)	3 (10%)	13 (45%)
A60	3 (10%)	5 (17%)	2 (7%)	10 (35%)
A90	1 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)
A120	0 (0%)	1 (3%)	2 (7%)	3 (10%)
YHTEENSÄ	15 (52%)	6 (21%)	8 (28%)	29 (100%)

Taulukko 4.5. Teollisuusvakuutuksen palovahinkotilastojen vapaassa vahinkokuvauksessa mainittujen osastoivien rakenteiden osallisuus (kpl) palojen etenemiseen vuosina 1986-1993. Palotapauksia kaikkiaan 157 kpl ja suluissa on osuus prosentteina.

Vahinkokuvaus	Osastoiva rakennusosa	Läpivienti	Palo-ovi	Palomuuuri	Yhteensä
Ei kestänyt	3 (8%)	7 (19%)	4 (11%)	0 (0%)	14 (39%)
Kesti	10 (28%)	3 (8%)	3 (8%)	1 (3%)	17 (47%)
Ei voi sanoa	4 (11%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	5 (14%)
Yhteensä	17 (47%)	10 (28%)	7 (19%)	2 (6%)	36 (100%)

osallisuudesta palon leviämisessä kuin Tampereen seurantajärjestelmä.

Taulukossa 4.4 huomio kiinnittyy osastoivien rakennusosien eli seinien ja välipohjien suuri osuus (52%) rakenteista, jotka eivät kestäneet palon rasituksia. Tarkemmin katsoa havaitaan B30-luokan rakennusosan olevan tässä suhteessa vaarallisin (34%). Toisaalta juuri B30-luokan rakenteita on ollut eniten tutkitussa aineistossa. Tästä voidaan kuitenkin päätellä, että kevyen palavasta materiaalista rakennetun osastoivan levyseinän saaminen riittävän tiiviiksi vaatii huolellisuutta ja ammattitaitoa työn suorittajalta. Taulukosta 4.4 voidaan päätellä myös se, että paloluokissa A60...A120 on suurimmat syyt palon leviämiseen osastosta toiseen ovat läpivienneissä ja osastoivissa ovissa.

Taulukossa 4.5 kaikista vahinkopankin palovahingoista 23 % (36 kpl) tapauksista mainitaan osastoivien rakenteiden vaikuttaneen palon etenemiseen. Markkamääräisistä kokonaisvahingosta, taulukko 4.6, näiden tapausten osuus on 21 % (290,4 Mmk). Taulukoista 4.5 ja 4.6 havaitaan myös, että osastoinnin ongelmat ovat läpivienneissä ja auki jääneissä tai muuten toimimattomissa palo-ovissa. Osastoivien rakennusosien toimimattomuus johtuu pääosin kevytrakenteisten levyseinien tiiviyyden menetyksestä. Taulukot 4.5 ja 4.6

Taulukko 4.6. Teollisuusvakuutuksen palovahinkotilastojen vapaassa vahinkokuvauksessa mainittujen osastoivien rakenteiden osallisuus (Mmk) palojen etenemiseen vuosina 1986-1993. Suluissa osuus kaikista palotapauksista, joiden kokonaismäärä on 1 383 Mmk.

Vahinkokuvaus	Osastoiva rakennusosa	Läpivienti	Palo-ovi	Palomuuuri	Yhteensä
Ei kestänyt	19,9 (1%)	56,3 (4%)	47,8 (3%)	0,0 (0%)	124,0 (9%)
Kesti	96,9 (7%)	23,6 (2%)	2,0 (0%)	12,1 (1%)	134,6 (10%)
Ei voi sanoa	7,8 (1%)	0,0 (0%)	0,0 (0%)	24,0 (2%)	31,8 (2%)
Yhteensä	124,6 (9%)	79,9 (6%)	49,8 (4%)	36,1 (3%)	290,4 (21%)

antavat harhakuvan osastoivien rakenteiden osallisuudesta paloihin, sillä osastoinnin osallisuutta palon etenemiseen ei ole välttämättä mainittu vahinkokuvauksessa. Tapauksissa, joissa osastoivat rakenteet ovat kestäneet palon rasitukset olisivat vahingot voineet olla arvioidun maksimivahingon (EML= Estimated Maksimium Lost) mukaan yli 480 Mmk, nyt sattuneiden 134,6 Mmk:n sijasta. EML:ää ei ole kaikissa kohteissa voitu laskea, joten todellinen määrä on vielä suurempi.

Tampereella tehdyn tutkimuksen pohjalta on kehitetty palo- ja pelastustoimen onnettomuustilastointijärjestelmä eli lyhyesti ONTI-järjestelmä. ONTI-järjestelmän käyttöön-otossa on ollut ongelmia mm. ohjelmiston keskeneräisyyden vuoksi ja käyttäjillä ei ole tarpeeksi tietoa, jotta järjestelmän tietolomakkeiden täyttö onnistuisi. Tulevaisuudessa ONTI-järjestelmän antama tilastotieto auttaa kuitenkin paremmin havaitsemaan osastointiin liittyvät riskitekijät ja mahdolliset puutteet osastojen muodostamisessa. Tämä edellyttää kuitenkin, että ONTI-järjestelmä aletaan käyttämään koko maassa onnettomuuksien tilastoinnissa ja järjestelmän tulee olla käytössä monta vuotta, ennen kuin siitä on saatavissa tilastotietoa, jolla voidaan katsoa olevan tilastollista merkitystä.

4.2.2 Osastoivat ovet

Yhdysvaltalaisen vakuutusyhtiön Factory Mutual tutkimuksen mukaan lähes viidesosa automaattisesti sulkeutuvista palo-ovista voi palotilanteessa jäädä auki tai ei toimi laisinkaan. Palo-ovien heikkoon toimintavarmuuteen on useita syitä, mutta suurin osa syistä voidaan osoittaa ihmisen toiminnan tai virheen aiheuttamaksi. [39, s.25]

Taulukko 4.7. Yhdysvaltalaisen vakuutusyhtiön Factory Mutual automaattisesti sulkeutuvia palo-ovia koskevan tutkimuksen tulokset. [39, s.25]

Palo-oven tyyppi	Testatut palo-ovet kpl	Palo-ovi ei toiminut kpl	Viallisten osuus %
Rullaovi	879	179	20
Horisontaali liukuovi (kallistuva rata)	37	4	11
Horisontaali liukuovi (vastapaino)	165	15	9
Horisontaali liukuovi (jousi)	13	2	15
Vertikaali liukuovi	69	5	7
Saranallinen ovi	420	81	19
Yhteensä	1583	286	18

Taulukossa 4.7 on tarkasteltu yhdysvaltalaisen tutkimuksen tuloksia ja taulukosta käy ilmi myös tutkitut ovityypit. Tutkimuksen mukaan palo-ovien toiminta epäonnistui 18 prosentissa tapauksista ja luotettavimmin toimivat vertikaaliliukupalo-ovi ja vastapaino-periaatteella toimiva horisontaali liukupalo-ovi. Suomessa yleisin käytössä oleva automaattisesti sulkeutuva palo-ovityyppi on juuri vastapainolla toimiva liukupalo-ovi ja toinen käytetty palo-ovityyppi on kallistuvalla radalla toimiva palo-ovi. Rullapalo-ovia ja vertikaaliliukupalo-ovia Suomessa ei käytetä juuri lainkaan. Vertikaaliliukuovia käytetään kuitenkin kuljetinaukkojen sulkijana. Saranallisia palo-ovia käytetään Suomessa lähinnä henkilöliikenteen kulkuaukoissa.

Suomessa on Teollisuusvakuutus tehnyt vuonna 1985 vastaavanlaisen tutkimuksen kuin Factory Mutual USA:ssa, mutta tässä tutkimuksessa oli mukana lähinnä liukupalo-ovia. TEVA:n tekemässä tutkimuksessa tutkittiin kaikkiaan 431 palo-ovea, joista viallisesti toimivien palo-ovien osuus oli 95 eli 22 % kaikista palo-ovista. [40, s. 30]

Teollisuusvakuutuksen tekemän tutkimuksen lopputulosta voidaan pitää samansuuntaisena kuin USA:laisessa tutkimuksessa. Taulukossa 4.7 huomio kiinnittyy Suomessa yleisimmän automaattisesti sulkeutuvan palo-ovi tyyppin vähäinen viallisten osuus (9 %). Huolestuttavaa sen sijaan on saranallisten palo-ovien suuri viallisten osuus (19 %), sillä saranallisia palo-ovia käytetään lähinnä henkilöliikenteessä. Saranallisten palo-ovien huono toimintavarmuus heikentää henkilöturvallisuuden, mikä tulisi kuitenkin varmistaa aina ensimmäisenä. Saranallisten palo-ovien suurin toimimattomuuden syy on inhimillinen tekijä eli ihmiset unohtavat sulkea palo-oven tai oven sulkeutuminen on estetty.

Taulukko 4.8. Automaattisesti sulkeutuvien palo-ovien toimimattomuuden syitä. [39, s.27 ja 40, s.32]

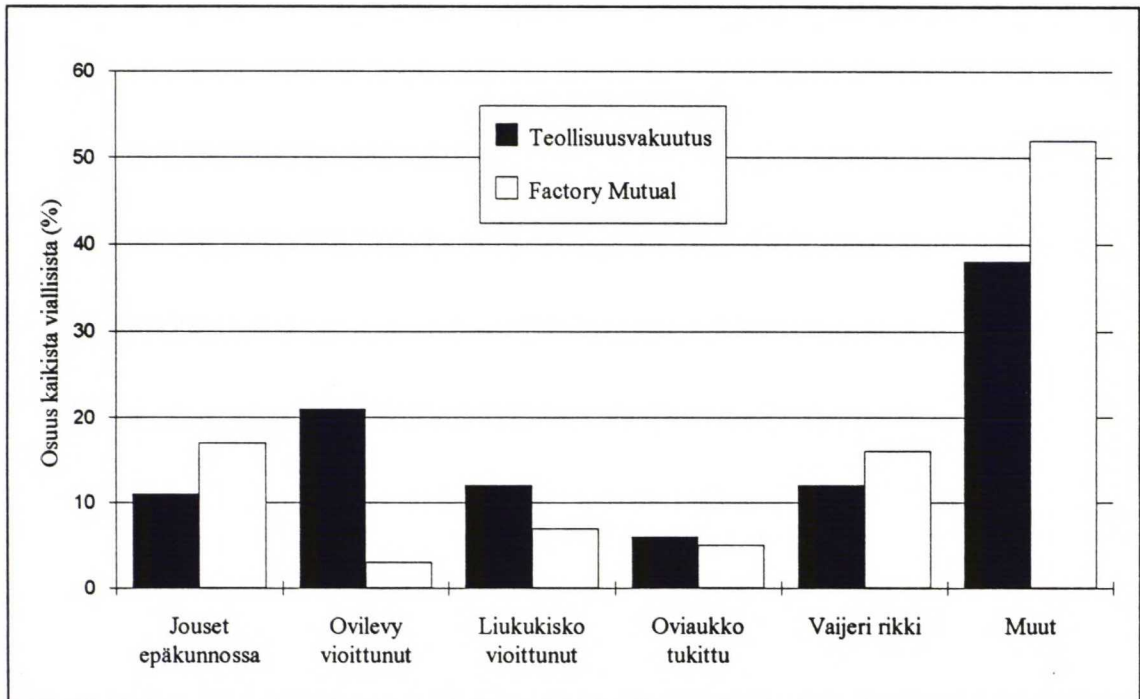
Tutkimuksen tekijä	Teollisuusvakuutuksen tekemä tutkimus		Factory Mutual tekemä tutkimus	
	kpl	%	kpl	%
Palo-oven toimimattomuuden syy				
Jouset epäkunnossa	10	2	47	3
Ovilevy vioittunut	20	5	9	1
Liukukisko vioittunut	12	3	20	1
Liukukisko likainen	2	0	3	0
Oviaukko tukittu	6	1	15	1
Teräsvaijeri vioittunut tai rikki	11	3	45	3
Muut	34	8	147	9
Yhteensä	95	22	286	18

Taulukossa 4.8 on vertailu Suomessa ja USA:ssa tehtyjen palo-ovien testausten viallisten palo-ovien toimimattomuuden syitä. Taulukossa 4.8 kiinnittyy huomio ovilevyn vioittumisen (5%) suureen osuuteen Teollisuusvakuutuksen tutkimuksessa. Tästä voidaan päätellä ettei palo-ovet ole kunnolla auki normaalitilanteessa, vaan ne voivat vaurioitua esimerkiksi trukin haarukan osuessa oveen.

Palo-ovien toiminnan takaamiseksi tulisi huomioida seuraavat seikat: [39, s. 27]

- Palo-ovien toiminta tulisi tarkastaa viikottain
- Palo-oven asennuksen jälkeen tulee oven toiminta testata täydellisesti asentajan toimesta.
- Palo-ovet tulisi sulkea työajan päätyttyä.
- Palo-ovien suojaksi tulisi rakentaa tarvittaessa vahvat suoja-aidat.
- Oviaukko tulee tehdä tarpeeksi leveäksi.
- Henkilökunnan tietoisuutta palo-ovien tärkeydestä tulisi lisätä.

Kuvassa 4.1 on kuvattu graafisesti taulukon 4.8, palo-ovien toimimattomuuden syitä. Kuvasta 4.1 havaitaan, että Suomessa palo-ovien toiminnan estää lähinnä neljä pääsyitä; ovilevy on vioittunut, palo-oven liukukisko vioittunut, oven kiinnivetävä vaijeri rikki ja palo-oven jouset ovat epäkunnossa.



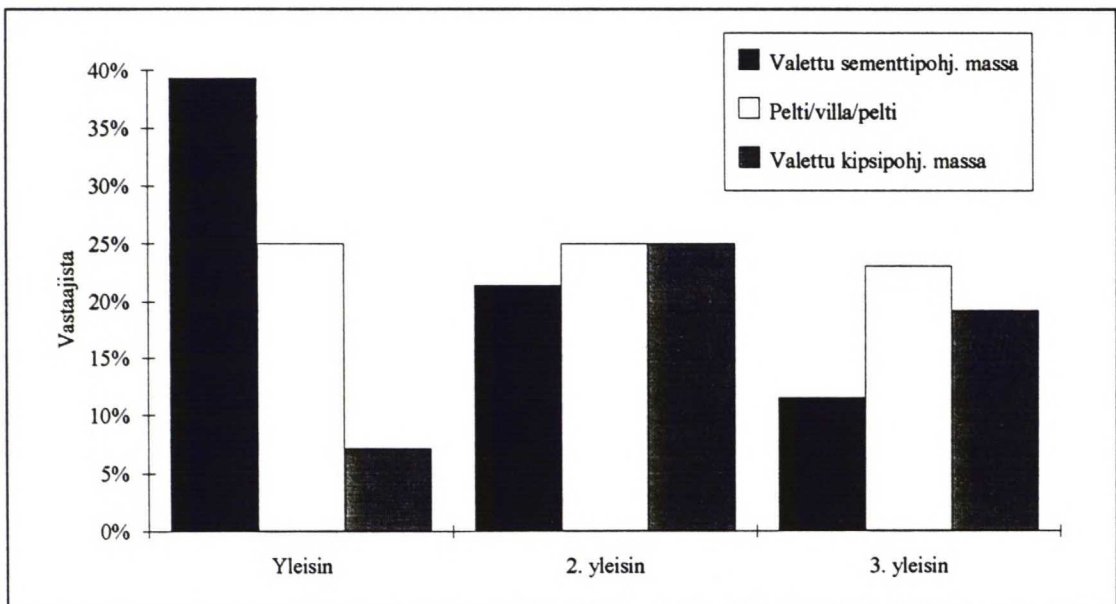
Kuva 4.1. Suurimmat toimimattomuuden syyt automaattisesti sulkeutuvilla palo-ovilla Teollisuusvakuutuksen ja Factory Mutualin tekemien tutkimusten mukaan.

Verrattaessa Suomessa tehtyä tutkimusta USA:ssa tehtyyn tutkimukseen havaitaan jousien epäkuntoisuuden ja vaijerin rikkoutumisen olevan myös USA:ssa suurimpia syitä palo-ovien toimimattomuudelle. Sensijaan ovilevyn ja liukukiskon vioittuminen eivät ole ongelmia palo-ovien toiminnassa USA:ssa. Tämä ero johtuu siitä, että Factory Mutualin tutkimus on lähes 10 vuotta uudempi ja siinä on tutkittu laajempaa otantaa sekä tutkittavia palo-ovityyppejä on ollut enemmän. Tästä johtuen palo-ovissa ilmeneviä vikoja on enemmän kuin Teollisuusvakuutuksen tekemässä tutkimuksessa, jossa lähes kaikki tutkitut palo-ovet kuuluivat Suomessa yleisimpään ovityyppiin eli liukupalo-oveen.

4.2.3 Kaapeliläpiviennit

VTT:n kunnan palolaitoksille ja rakennustarkastajille lähetetyn kyselytutkimukseen tuli 36 vastausta, kun kyselyä lähetettiin 114. Tutkimuksen mukaan 39 % vastaajista oli sitä mieltä, että yleisin kaapeliläpiviennin sulkemistapa on "valettu sementtipohjainen massa". Vastaajista 25 % oli sitä mieltä, että yleisin on "pelti/villa/pelti". Toiseksi yleisimmäksi 25 % arvioi "valettu kipsipohjainen massa" ja "pelti/villa/pelti". Vastaajista 21 % arvioi, että "valettu sementtipohjainen massa" on toiseksi yleisin, kuva 4.2. [33]

Tästä kyselytutkimuksesta voidaan vetää se johtopäätös, että yleisimmät tällä hetkellä käytössä olevat kaapeliläpivientien sulkemisjärjestelmät ovat valettu sementtipohjainen sekä kipsipohjainen massa ja pelti/villa/pelti. Pelti/villa/pelti yhdistelmän yleisyys on huolestuttavaa sen toiminnallisen epävarmuuden vuoksi.



Kuva 4.2. VTT:n kuntien palokunnille ja rakennustarkastajille lähettämän kyselytutkimuksen vastaajien mielipiteitä kaapeliläpivientien sulkemisjärjestelmistä.

Samaisessa VTT:n tekemässä tutkimuksessa kysyttiin tapauksia, joissa palo on levinnyt läpiviennin kautta tai läpivienti on estänyt palon leviämisen. Vastauksista tuli ilmi kuusi tapausta, joissa palo oli levinnyt läpiviennin kautta ja yhdeksän tapausta, joissa läpiviennit olivat kestäneet palon räsitukset. Tapauksissa, joissa kaapeliläpiviennin sulkku kesti palon räsitukset oli viidessä tapauksessa käytetty valettavaa massaa ja kahdessa tapauksessa kivivillaa. Paisuvaa massaa, muurausta ja pelti/villa/pelti sulkuja oli käytetty kutakin yksissä tapauksissa. Tapauksissa, joissa palon on voitu todeta levinneen kaapeliläpiviennin sulun kautta oli läpivienti neljässä tapauksessa sulkematon ja yksissä tapauksissa pelti/villa/pelti, kivivilla sekä polyuretaani. [34, s.7]

4.3 Tilastotietojen arviointi

Palon leviämistä paloteknisestä osastosta toiseen tarkasteltaessa vaikuttavat palon leviämiseen rakennuksen palotekninen luokka, osastoivan rakennusosan palonkestoajaluokka ja osastoivan oven tyyppi sekä mm. läpiviennit ja lasirakenteet. Läpivientien ja lasirakenteiden vaikutusta osastoinnin pettämiseen ei ole riittävällä tarkkuudella tutkittu, joten näiden tekijöiden vaikutusta ei oteta tässä laisinkaan huomioon. Nämä voidaan olettaa otetun huomioon osastoivan rakennusosan kertoimessa. Todennäköisyyslaskelmiin otettujen tekijöiden keskinäisiä riippuvuussuhteita ei tässä yhteydessä ja näiden tutkimusten perusteella voida sanoa, joten seuraavassa taulukon 4.9 todennäköisyyslaskelmassa on oletettu näiden tekijöiden olevan toisistaan täysin riippumattomia. Luonnollisesti rakennuksen paloluokka (taulukko 4.3) ja osastoivan rakennusosan (taulukko 4.4) palonkestoajaluokka on pyritty valitsemaan siten, että ne vastaavat realistisia ja käytössä olevia ratkaisuja. Palo-ovien tyyppi ja viallisesti toimivien osuus on otettu taulukosta 4.7.

Taulukko 4.9. Todennäköisyydet palon leviämiselle syttymisosastosta kun tiedetään rakennuksen palotekninen luokka, osastoivan rakennusosan palonkestoajaluokka ja palo-oven tyyppi ja oletetaan nämä tekijät täysin toisistaan riippumattomiksi.

Rakennuksen palotekninen luokka	Osastoivan rakennusosan palonkestoajaluokka	Palo-oven tyyppi	Todennäköisyys palon leviämiselle syttymisosastosta
Palohidastava	B30	Saranallinen	0,48
Palohidastava	A120	Liukuovi (hor.)	0,33
Paloapidättävä	B30	Saranallinen	0,57
Paloapidättävä	A120	Liukuovi (hor.)	0,42
Palonkestävä	A60	Liukuovi (vert.)	0,15
Palonkestävä	A60	Liukuovi (hor.)	0,17
Palonkestävä	A120	Liukuovi (vert.)	0,14
Palonkestävä	A120	Liukuovi (hor.)	0,16

Taulukon 4.9 perusteella voidaan sanoa mitkä yhdistelmät ovat vaarallisia ja mitkä suhteellisen turvallisia. Tietenkin tulee ottaa huomioon, että jos osastoiva rakennusosa on alttiina palolle kauemmin kuin sen palonkestoajan, rakenne ei varmasti kestä palon rasi-
tusta. Taulukosta 4.9 havaitaan, että jos paloahidastavan rakennuksen osastointi suoritetaan A120 rakennusosalla B30 sijaan ja saranallinen palo-ovi vaihdetaan horisontaaliliukuoveen tippuu palon leviämistodennäköisyys syttymisosastosta 45 %. Vastaavasti paloapidättävällä rakennuksella todennäköisyys tippuu 36 % vastaavilla muutoksilla. Tästä voidaan päätellä, että jos todella halutaan estää paloa leviämästä paloahidastavissa ja paloapidättävissä rakennuksissa paloteknisestä osastosta toiseen sen rajoittaminen kyllä onnistuu, kunhan käytetään vaativampia rakenteita kuin mitä viranomais määräyksissä vaaditaan. Palonkestävillä rakennuksilla todennäköisyydet palon leviämiseen syttymisosastosta on suhteellisen pieniä.

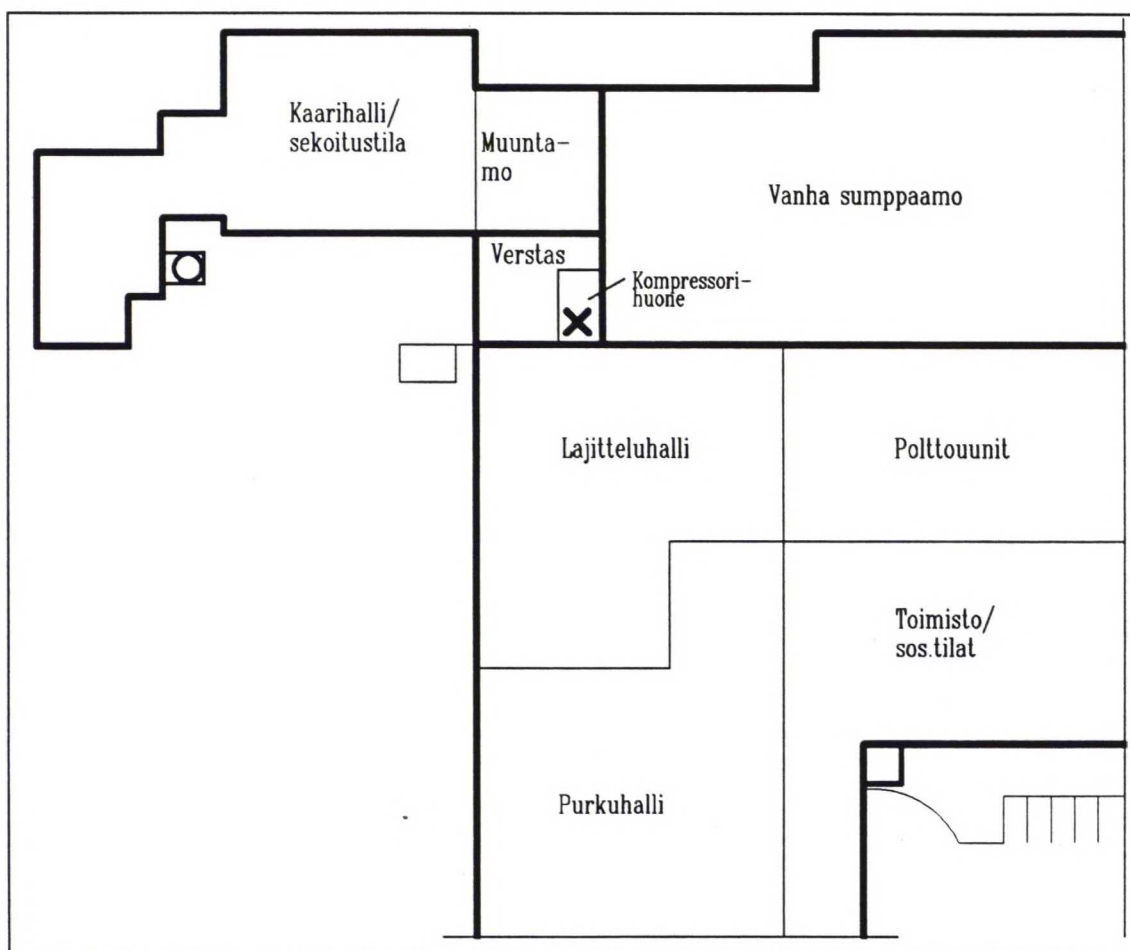
5 Eräiden palotapausten yksityiskohtainen tarkastelu

5.1 Tiilitehtaan palovahinko

5.1.1 Yleistiedot

Tiilitehtaalla sattui palovahinko sunnuntaina 24.4.1994, noin kello 2.40 yöllä. Miehittämättömän tehtaan automaattinen tiilenpolton valvontajärjestelmä teki klo 2.45 automaattihälytyksen kotipäivystäjälle paineilman puutteesta. Päivystäjän saapuessa tehtaalle oli lajitteluhallissa savua ja kompressorihuoneen vastainen tiiliseinä oli kuuma. Varsinaisen palohälytyksen antoi vasta päivystäjä saavuttuaan paikalle.

Palo oli saanut alkunsa kompressorihuoneesta, joka oli samassa tilassa entisen verstaan kanssa, ks. kuva 5.1. Verstaas oli rakennettu 1960-luvulla ja sen kattorakenteissa tiedettiin olevan runsaasti palokuormaa. Verstasta käytettiin tiilen sahaukseen ja tilapäisesti työko-



Kuva 5.1. Tiilitehtaan yleisjärjestys, missä palon syttymiskohta on merkitty rastilla. Verstaas oli osastoitu omaksi palo-osastoksi ja siitä oli erotettu kevyillä seinillä kompressorihuone. Palo levisi verstaan katosta lajitteluhallin kattorakenteisiin, mihin palon eteneminen pysäytettiin.

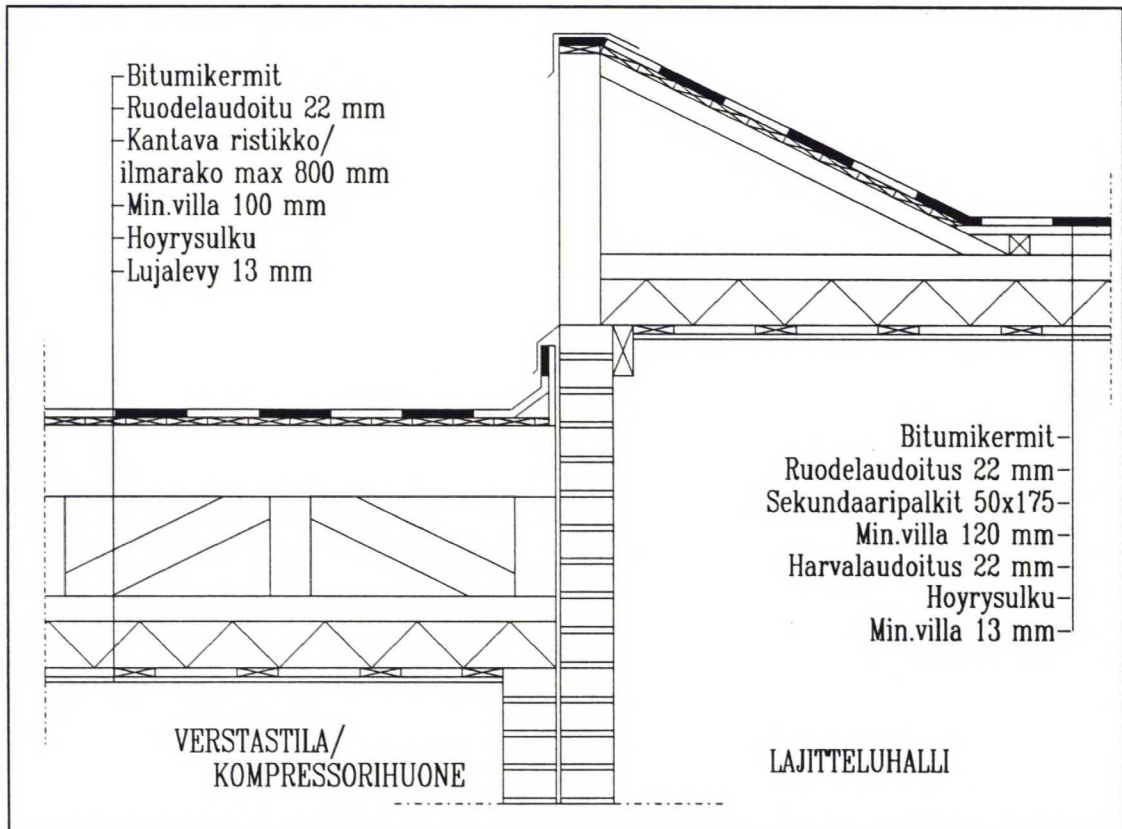
neiden huoltoon. Palohetkellä tuuli oli lähes tyyni, joten tuuli ei edistänyt palon leviämistä.

Tehdas kuuluu palovaarallisuusluokkaan 1 ja tehtaan suojaustaso on II. Tehtaalla on osittainen paloilmoitusjärjestelmä, mutta kompressorihuoneessa ja verstastilassa ei paloilmointia ollut. Tehdasrakennukset ovat paloapidättäviä.

5.1.2 Rakenneratkaisut

Verstaan koko on 11,0×13,0 eli 143 m² ja huonekorkeus keskimäärin 3,9 metriä. Verstastilan osastoivissa seinissä oli 3 ilmastointiaukkoa, 2 putkiaukkoa ja muutama kaapeliläpivienti. Isoin ilmastointi aukko oli lajitteluhallin puoleisessa osastoivassa seinässä. Verstasta rajoittivat kaksinkertaiset tiiliseinät, betonilattia ja lujalevypintainen välikatto. Versta muodosti oman palo-osaston. Verstaasta oli erotettu lujalevy-villa/puurunko-lujalevy seinällä kompressorihuone, jossa oli kaksi ruuvikompressoria ja öljynerotuslaitteisto.

Verstashallin kattorakenne oli lujalevy, höyrysulku, lasivilla, ilmarakko, aluslaudoitus ja



Kuva 5.2. Vanha verstastilan ja lajitteluhallin väliset kattorakenteet. Palo levisi kompressorihuoneesta lajittelutilan kattorakenteisiin tätä kautta.

vesieristys, kuva 5.2. Kantavana rakenteena oli ristikkorakenne, josta ei ole olemassa rakennekuvia, jolloin ristikon rakenne voitiin vain päätellä palon aiheuttamista rajoista tiiliseinissä. Vesikatolla oli vain yksi kattokaivo, joten katon kallistuksista johtuen kattorakenteen ilmatila vaihteli noin 30-80 cm:n välillä. Palo levisi viereisen lajittelutilan kattoon, jonka primääripalkit olivat liimapuuta, sekundääripalkit puuta, kate huopaa, alusrakenne lautta, lämmöneriste lasivillaa, muovinen höyrysulku, ruodelaudoitus ja ohut lasivilla. Palo saatiin rajattua verstastilaan ja lajittelutilan verstaan puoleiseen kattoon.

Verstaan kautta kulkee tehtaan palopostijärjestelmän pääjakoputki ja itse verstastilassa oli paloposti, jota ei kuitenkaan voitu käyttää, koska palo oli ehtinyt edetä sellaiseen vaiheeseen ettei verstastilaan ollut enää menemistä kun palo havaittiin.

5.1.3 Palon kehittyminen

Kompressorien tehot olivat 5 m³/h ja 7 m³/h. Kompressoreista oli käytössä suurempi, joka oli vuodelta 1984 tai 1985. Kompressorien öljynerottimet oli vaihdettu paloa edeltäneenä päivänä. Palo alkoi kompressorihuoneesta ja palon alun syynä on voinut olla



Kuva 5.3. Palo sai alkunsa tästä kompressorihuoneesta, joka oli erotettu keveillä lujalevyseinillä verstaasta. Palo pääsi verstaan kattorakenteisiin ja tätä kautta tuli levisi lajitteluhallin kattorakenteisiin. Kuvassa ovat etualalla tuhoutuneet kompressorit.

kompressorin ylikuumeneminen tai edellisen päivän huollon yhteydessä huoneeseen jäänyt valonheitin, kuva 5.3. Huoneessa ei ilmoitettu olevan muuta palokuormaa kuin kompressorit ja öljynerotuslaitteisto.

Palo pääsi tunkeutumaan verstastilan lujalevyrakenteisen välikaton läpi kantavaan kattorakenteeseen ja tätä kautta katelaudoitukseen. Verstaan kattorakenteiden palo aiheutti niin suuret lieskat, että viereisen lajitteluhallin katon vastakaadon verstaan puoleiset rakenteet syttyivät palamaan, kuva 5.2. Palo on siis levinnyt viereiseen palo-osastoon molempien osastojen kattorakenteisessa olleiden heikkouksien takia.

Palokunta sai rajattua palon lajitteluhallin kattorakenteisiin purkamalla kattoa noin 196 m²:n alueelta. Lajitteluhallin kattorakenteen kantavana primäärirakenteena on liimapuupalkit, jotka eivät kuitenkaan syttyneet. Sekundäärirakenne tuhoutui katon purkamisen yhteydessä samaiselta alueelta.

Muuntamon vesieristystä palo vaurioitti hiukan, mutta palon eteneminen muuntamon suuntaan saatiin estettyä. Tähän vaikutti se, että muuntamon puoleisella seinällä ei verstaassa ollut juuri palokuormaa.

5.1.4 Osastoivien rakenteiden käyttäytyminen

Verstastilan osastointi toimi periaatteessa oikein, vain puinen kantava kattorakenne aiheutti sen, että tuli pääsi leviämään viereiseen palo-osastoon. Muuten osastointi piti hyvin. Palon leviämiseen kattorakenteiden kautta oli syynä katon vanha rakenne, jossa oli riittävästi palokuormaa, jotta palo pääsi levittämään. Kattorakenteessa ollut ilmatila toimi palotilanteessa hormin tavoin levittäen paloa. Verstastilan kattorakenteiden palaessa lieskat pääsivät suoraan kosketuksiin lajittelutilan kattorakenteiden kanssa, jolloin kattorakenteet syttyivät palamaan. Lajitteluhallin kattorakenteet kuitenkin kestivät paloa niin kauan, että palokunta ehti paikalle rajoittamaan paloa ja suuremmilta vahingoilta välttyttiin. Palokunnan toiminnan ansiosta palo saatiin rajattua lajitteluhallin verstaan puoleiseen kattoon, eikä palo vaurioittanut lajitteluhallin liimapuisia primääripalkkeja.

Osastoivien seinien läpiviennit ovat kestäneet palon räsitukset ja esimerkiksi kaapeliläpiviennit olivat kestäneet hyvin. Tosin lajittelutilan rajoittavassa seinässä eli sillä puolella verstaasta mihin suuntaan palo pääsi leviämään, oli iso ilmastointiaukko (1300×600), joka ei ollut enää käytössä. Ilmastointiaukon kautta, vaikka siinä oli palopelti, on ainakin savukaasuja päässyt leviämään lajitteluhalliin.

Verstastilan osastoivassa tiiliseinässä oli aukko josta oli suora yhteys kaarihalliin, jonka kattorakenne on puurakenteinen ja sisältää runsaasti palokuormaa. Aukko oli n. 1 m² suuruinen ja se oli peitetty vain laudoituksella. Tässä tapauksessa oli onni, ettei aukon alapuolella ollut riittävästi palokuormaa sytyttämään myös kaarihallin kattoa palamaan. Kaarihallin kattoa jouduttiin kuitenkin repimään auki noin 30 m² alueelta, jottei palo olisi päässyt leviämään myös kaarihalliin.

5.1.5 Vahingot

Alustavan arvoin mukaan palovahingon kokonaisarvoksi on laskettu 1,2 miljoonaa markkaa, jossa on 400 000 markan omavastuu. Laskettu suurin mahdollinen vahinko (EML) tiilitehtaalla on 65 miljoonaa markkaa.

Rakennusosille aiheutui vahinkoa siten, että verstaan katto tuhoutui täysin (noin 145 m²) ja lajittelutilan katosta tuhoutui vesieristys ja lämmöneristys sekä sekundääripalkit noin 196 m² alueelta. Verstastilasta vaurioitui osa osastoivaa tiiliseinää, jota jouduttiin uusimaan noin 30 m² alueelta.

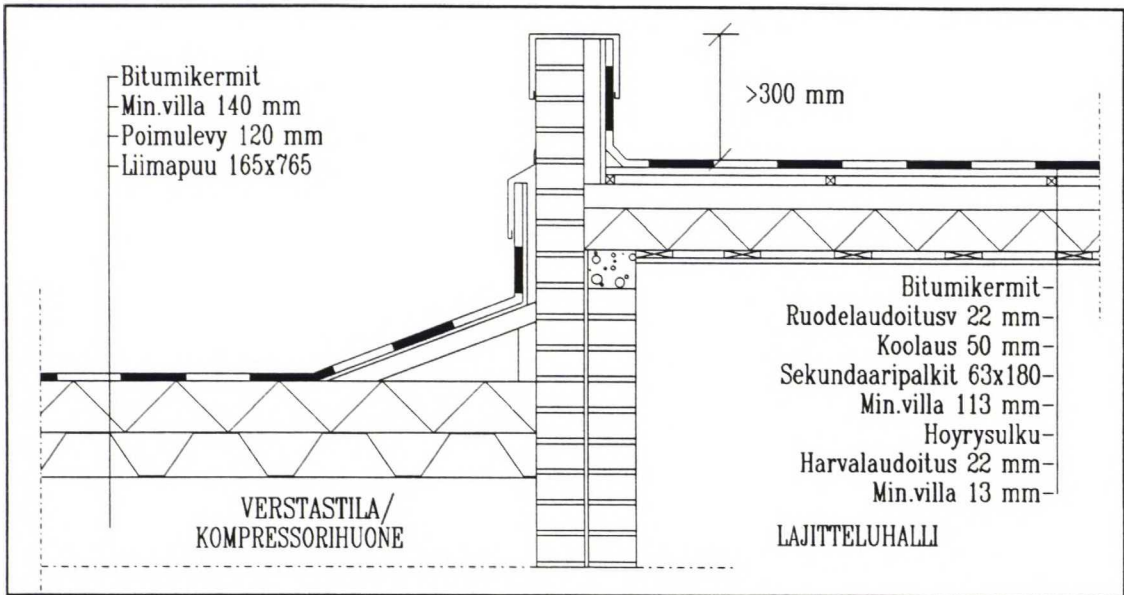
Vesi- ja lievä palovahinkoja kärsi viereisen tilan, jossa oli sähköpääkeskus ja muuntamo, kattorakenteet. Tämän tilan lämmöneristykset kastuivat sammutusvedestä niin pahoin, että ne joudutaan uusimaan. Samalla joudutaan uusimaan vesieristys.

Konevaurioina ovat kompressorihuoneessa olleet kompressorit ja verstastilassa olleet kuivain, tiilisaha, painepesuri ja pikapalopostit. Palon aikana uunissa olleiden tiilivaunujen pyörälaakerit kärsivät vaurioita ja muita pienempiä laitteita vaurioitui. Konevaurioiden kokonaisarvo jää noin 300 000 mk:aan.

Palon aikana tiilitehtaan tiilenpolton automaattinen ohjausjärjestelmä oli pois toiminnasta, jolloin tästä aiheutui vahinkoa tiilen polttovaiheessa. Osasta tiiliä tuli II-luokan tuotetta mutta poltettujen tiilien osalta vahinko jäi varsin pieneksi.

5.1.6 Uudet rakenteet

Kompressorihuone rakennetaan uudelleen verstashalliin. Seinät tulevat olemaan tiiltä ja katto rakennetaan liittolaatasta, jonka vuoksi kompressorihuoneesta tulee oma palotekninen osasto. Läpivienteinä uudesta kompressorihuoneesta muihin osastoihin tulee paineilma putket ja muutamat kaapeliläpiviennit. Kompressoreiden ilmanotto ja poistoilma tulevat erillisinä aukkoina kompressorihuoneen katolle ja seiiniin. Kompressoreiden pois-



Kuva 5.4. Verstastilan ja lajitteluhallin välinen uusi kattorakenne, joka estää palon leviämisen paloteknisestä osastosta toiseen. Osastoivaa seinää voidaankin tällaisena rakenteena pitää palomuurina.

toilmaa käytetään kaarihallin ja muuntamo- sekä sähköpääkeskustilan lämmitykseen. Paloilmoitusjärjestelmä ulotetaan koskemaan myös kompressorihuonetta ja verstastilaa.

Verstastilan kattorakenne muutetaan siten, että kantavaksi rakenteeksi tulee liimapuupalkit. Palkkien päälle asennetaan itsekantava poimulevy, jonka päälle tulee lämmöneristys ja tämän päälle vesieristys. Tämä rakenne vastaa jo muualla tehtaalla olevia kattorakenteita. Osastoiva tiiliseinä muurataan uudelleen ja osastoivuutta parannetaan viemällä verstastilan puoleinen tiilimuuraus vähintään 300 mm yli molempien kattopintojen, kuva 5.4. Tällä estetään vastaavanlaisessa vahingossa palon leviäminen viereisiin kattorakenteisiin. Osastoivaa tiiliseinää voidaan korjausten jälkeen pitää palomuurina.

Osastoivaan tiiliseinään tulee tyyppihyväksytty osastoiva A120 luokan osastoiva ovi lajittelutilaan päin. Samoin kompressorihuoneen oveksi tulee A120 luokan osastoiva ovi. Näiden lisäksi tarpeettomat ilmastointi yms. aukot muurataan umpeen ja läpiviennit tiivistetään käyttäen kipsipohjaista valumassaa.

Lajittelutilan katto rakennetaan lähes vanhaa rakennetta vastaavaksi. Tämä ei ole paloturvallisuustekniseltä kannalta hyvä ratkaisu, vaan kompromissi turvallisuuden ja kustannusten välillä. Parempi ratkaisu olisi ollut rakentaa jo uudemmassa osassa tehdasta oleva kattorakenne, jossa profiilipellin päällä on kova mineraalivilla ja sen päällä vesieristys. Tämä olisi edellyttänyt, että koko lajittelutilan sekundääripalkit olisi pitänyt uusida, koska nykyinen sekundääripalkisto on suunniteltu siten, että se on jatkuva. Jos katon rakennetta

olisi lähdetty muuttamaan keskellä kattoa, olisi vanhan osan sekundäärit pitänyt ankkuroida primääripalkkeihin, joka käytännössä olisi ollut liian hankala ja kallis toteuttaa.

5.1.7 Johtopäätökset

Osastoivilla rakenteilla on suuri merkitys estettäessä palojen etenemistä. Tässä tapauksessa säästyttiin suuremmilta vahingoilta osastoinnin ansiosta. Toki tässäkin tapauksessa muutama asia oli voinut olla paremmin; osastoiva tiiliseinä olisi pitänyt viedä reilusti vierisen lajitteluhallin katteen yli, koska kattopinnat olivat eri tasossa. Osastoivassa seinässä olleet aukot oli peitetty vain kevyellä laudoituksella tai ilmastointiputket oli jätetty paikalleen, kun aukot olisi pitänyt muurata käyttämättöminä umpeen.

Kattorakenteessa oli paljon palokuormaa ja lisäksi kattorakenteen tuuletustila antoi hyvät edellytykset palon kehittymiselle ja leviämiselle. Tällaiset vanhat tilat, joissa on suuri palokuorma, tulisi ulottaa paloilmoitusjärjestelmien piiriin. Tämän lisäksi kattorakenteen osastoivuuden parantamiseksi olisi lujalevyn pintaan voinut asentaa palovillaa, jolloin tuli ei olisi päässyt niin nopeasti pureutumaan kantaviin kattorakenteisiin. Tällä keinoin oltaisiin ehkä voitu välttää palon leviäminen lajittelutilan kattorakenteisiin.

Kattopintojen ollessa eri tasoissa osastoivan seinän kohdalla tulisi osastoivaa seinää jatkaa vähintään 300 mm ylemmän kattopinnan yli. Tällä tavalla osastoivan seinän toiminta palotilanteessa tulee varmistettua. Näiden rakenteellisten epäkohtien havaitsemiseen ja parannusehdotusten tekemiseen on kiinnitettävä huomiota.

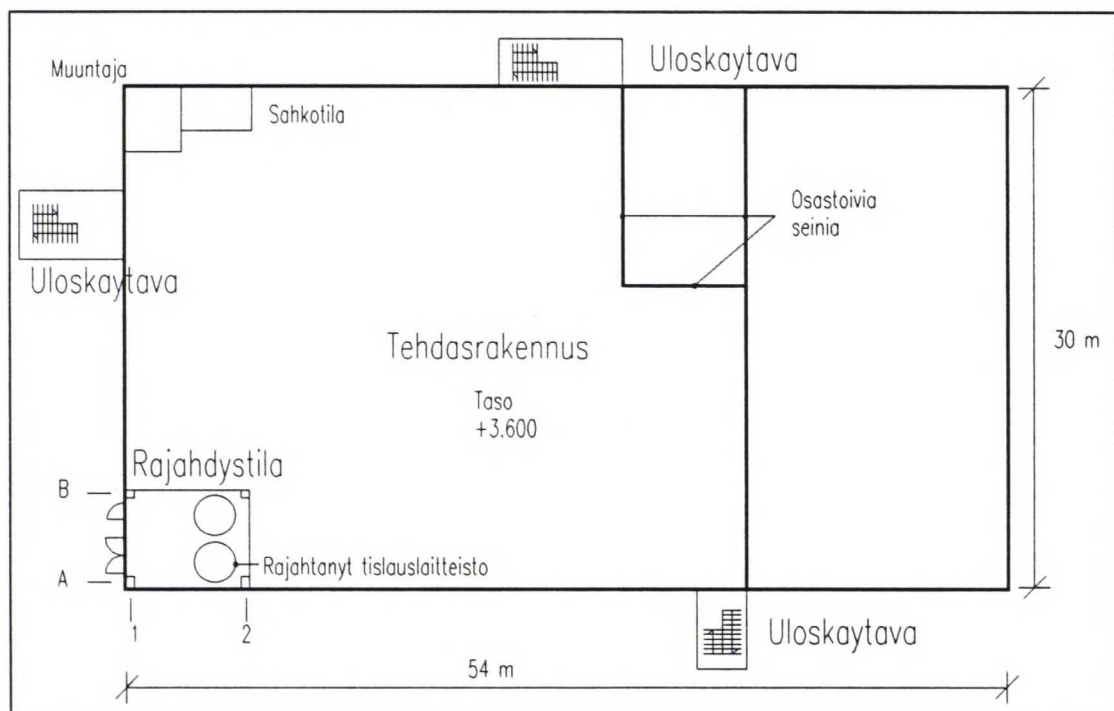
5.2 Kemianalan tehtaalla räjähdys ja palo

5.2.1 Yleistiedot

Räjähdys sattui kemianalan tehtaalla, kun väliainetuotannossa valmistettiin ensimmäisen kerran uutta välituotetta. Kyseistä välituotetta käytetään kemianteollisuudessa raaka-aineena ja prosessiin kuluu useita vaiheita. Koko prosessi on sijoitettu yhteen tehdasrakennukseen, jota ei ole osastoitu laisinkaan välituoteprosessin eri vaiheiden osalta.

Rakennus on 1986 valmistunut, kolme kerroksinen ja kerrokset ovat avonaisia. Rakennuksen palonkestoluokka on palonkestävä. Tehdasrakennuksessa on osastoitu uloskäytävät sekä sähkötilat, kuumaöljylaitteisto ja automaatiolaitetilat. Rakennuksessa tapahtuvan tuotannon palovaarallisuusluokka on 4 ja suojaustaso IV. Sprinklerilaitteistossa käytetään kalvovaahtoa, joka on kemiallisten aineiden sammutuksessa tehokkaampaa kuin pelkkä vesi. Osastoivien rakenteiden palonkestoajaluokkavaatimus on A60.

Räjähdys tapahtui tilassa, joka oli rakennettu valmistuotteiden pakkausta varten. Tuotteiden pakkauksen siirtyessä muualle vapautunut tila käytettiin käyttötarkoituksel-



Kuva 5.5. Räjähdys sattui kemianalan tehtaalla, jossa oli ensimmäistä kertaa tuotannossa uutta välituotetta. Räjähdysten jälkeisessä palossa muodostunutta savua pääsi koko tehtaan alueelle ja osastoituihin uloskäytäviin. Ylemmissä kerroksissa vaurioita kärsivät osastoidut automaatiotilat, kuumaöljyhuone, laboratorio ja pumppuhuone.

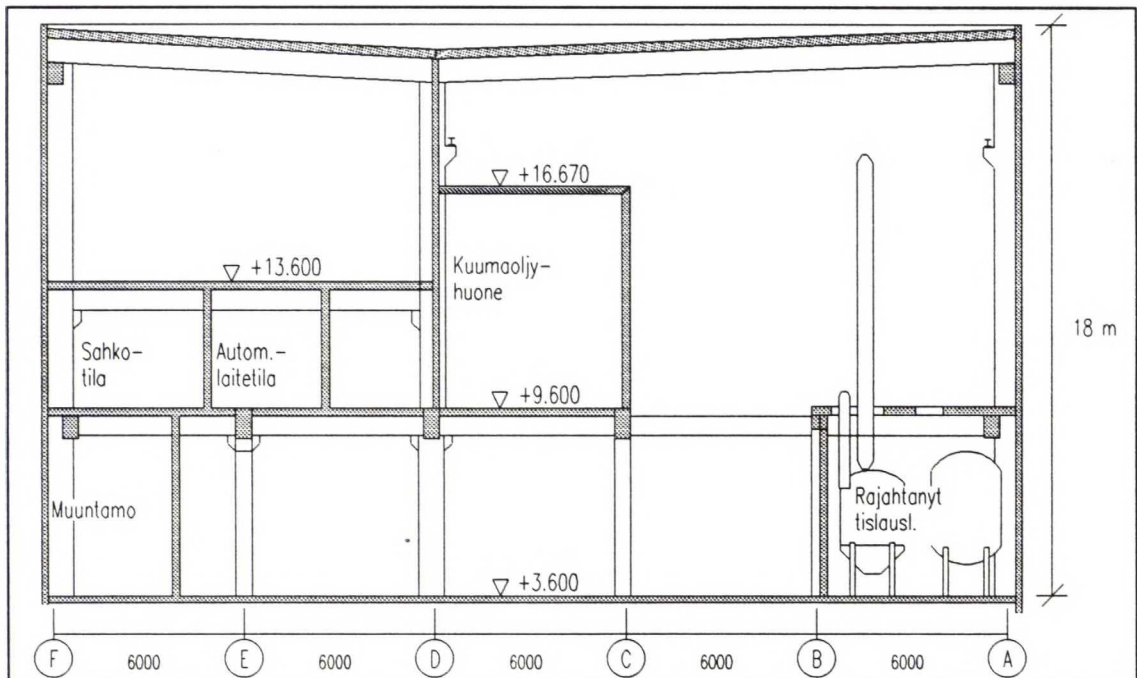
taan ja -tarpeiltaan erilaiseen väliainetuotantoon. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan tehdasrakennuksen rakenteita muutettu.

5.2.2 Rakennratkaisut

Tehdasrakennus on pilari-palkki rakenteinen, jossa yläpohjan kantavana rakenteena on TT-laatta. TT-laatan päällä on lämmöneristys ja bitumikermihuopa, jolloin rakenteessa ei ole ylimääräistä palokuormaa. Kattorakenteessa palokuormaa on vain kattojen reunojen vastakaadoissa, joita ei tässä vahingossa tuhoutunut juuri laisinkaan. Ulkoseinät ovat betoni-sandwich-elementtejä, jotka kantoivat vain oman painonsa. Ulkoseinät ovat sisältäpäin lukien 120 mm betoni, 120 mm mineraalivillaa, 60 mm julkisivubetoni. Ulkoseinäelementtejä ei oltu kevennetty räjähdyksiä varten painetta purkaviksi, koska kyseistä tilaa käytettiin alunperin valmiin tuotteen pakkaukseen, joka ei ole räjähdysvaarallista toimintaa.

Tehdasrakennuksen uloskäytävät ovat rakennettu rakennuksen ulkopuolelle omaksi osatoksi. Joka kerroksesta ja lisäksi katolta uloskäytävään johtaa A60 luokan palo-ovi. Uloskäytävä on kylmä ja siinä on yhdelle sivulle sijoitettu lasiset valoaukot.

Räjähdyks tapahtui alimmassa kerroksessa rakennuksen ulkonurkkatilassa, jota rajoitti kahdelta puolelta ulkoseinä ja kahdelta puolelta 160 mm teräsbetoninen väliseinä.



Kuva 5.6. Yleisleikkaus tehtaasta räjähdystilan kohdalta. Kuvassa nimetyistä tiloista vain muuntamo ei kärsinyt räjähdyksessä vaurioita. Räjähdystilassa yläpohja oli 250 mm ja väliseinät 160 mm paikallavalettua teräsbetonia.

Toisessa väliseinässä oli oviaukko (1600×2100), jossa oli vain riippuvat muoviset kaistaleet. Nämä muovikaistaleet eivät olleet tarkoitettu osastoiviksi. Välipohjana oli 250 mm paikallavalettu teräsbetoni, josta oli läpivientejä ylemmällä tasolla olevalle prosessiin kuuluvalla kattilalle. Välipohjaa ei voida katsoa tiiviiksi, koska läpivientejä ei oltu prosessin jatkuvuuden vuoksi tiivistetty.

Omiksi paloteknisiksi osastoiksi erotetut sähkötilat, kuumaöljylaitteisto- ja automaattilaitteistotilat olivat muurattu kalkkihiekkatiilistä ja lattia sekä katto tiloissa oli paikallavalettua teräsbetonia, ks. kuva 5.6. Näihin tiloihin on vain yksi sisäänpääsy, joissa on A120 luokan tyyppihyväksytty osastoiva palo-ovi.

5.2.3 Räjähdykset ja sen jälkeinen palo

Räjähdykset sattui illalla kun tehtaalla valmistettiin ensimmäisen kerran välituotetta kemianteollisuuden raaka-aineeksi. Prosessi oli seisomisvaiheessa ja alustavien tutkimusten mukaan räjähdysten syynä on prosessin sisään syntynyt odottamaton reaktio. Alipainetislauslaitteistoista ei ole löydetty vikaa, mikä viittaisi kemiallisen reaktion aiheuttamaan lämpötilan- ja paineen nousuun. Reaktio on lähtenyt liikkeelle tislauksen seistessä suhteellisen korkeassa lämpötilassa. [41, s. A11]

Lämpötilan ja paineen nousun seurauksena paineastia räjähti ja sytytti laitteiston lämmityksessä käytetyn kuumaöljyn ja prosessiin osallistuneita kemiallisia aineita. Laitteistot rikkoneen ensimmäisen räjähdysten voimakkuudeksi arvioitiin 5-6 MPa. Räjähdyksiä kuultiin yhteensä 3-4, jotka ensimmäisen räjähdysten jälkeen ovat luultavasti johtuneet prosessiin osallistuneiden kemiallisten aineiden höyryntymisestä ja näiden kaasupilvien räjähdysmäisestä palosta sekä mahdollisesti savukaasuhumahduksista.

Palo ei juurikaan levinnyt varsinaisesta räjähdystilasta muihin osiin tehdasta. Palossa paloi prosessin lämmityksessä käytettyä kuumaöljyä ja itse prosessituotetta. Palosta syntyi savua, joka levisi koko tehdasrakennukseen ja purkautui uloskäytäviin, vaikka uloskäytävät olivat osastoivilla ovilla suljettu.

Savukaasujen palaminen räjähdystilassa on ollut epätäydellistä ja savukaasut ovat kasautuneet ja purkautuneet uloskäytävään tehdasrakennuksen toisessa päässä uloskäytävän kohdalla. Myös räjähdyksessä prosessista purkautuneet höyrypilvet ovat voineet kuumuudesta johtuen syttyä palamaan uloskäytävän kohdalla, koska kuumuus on sulattanut valaisimia ja kaapeleita tällä kohdalla. Räjähdystilan yläpuolisessa tilassa, missä palon

aiheuttama kuumuus on arvioitu olleen noin 700-800 °C, on tapahtunut savukaasuhumahuksia.

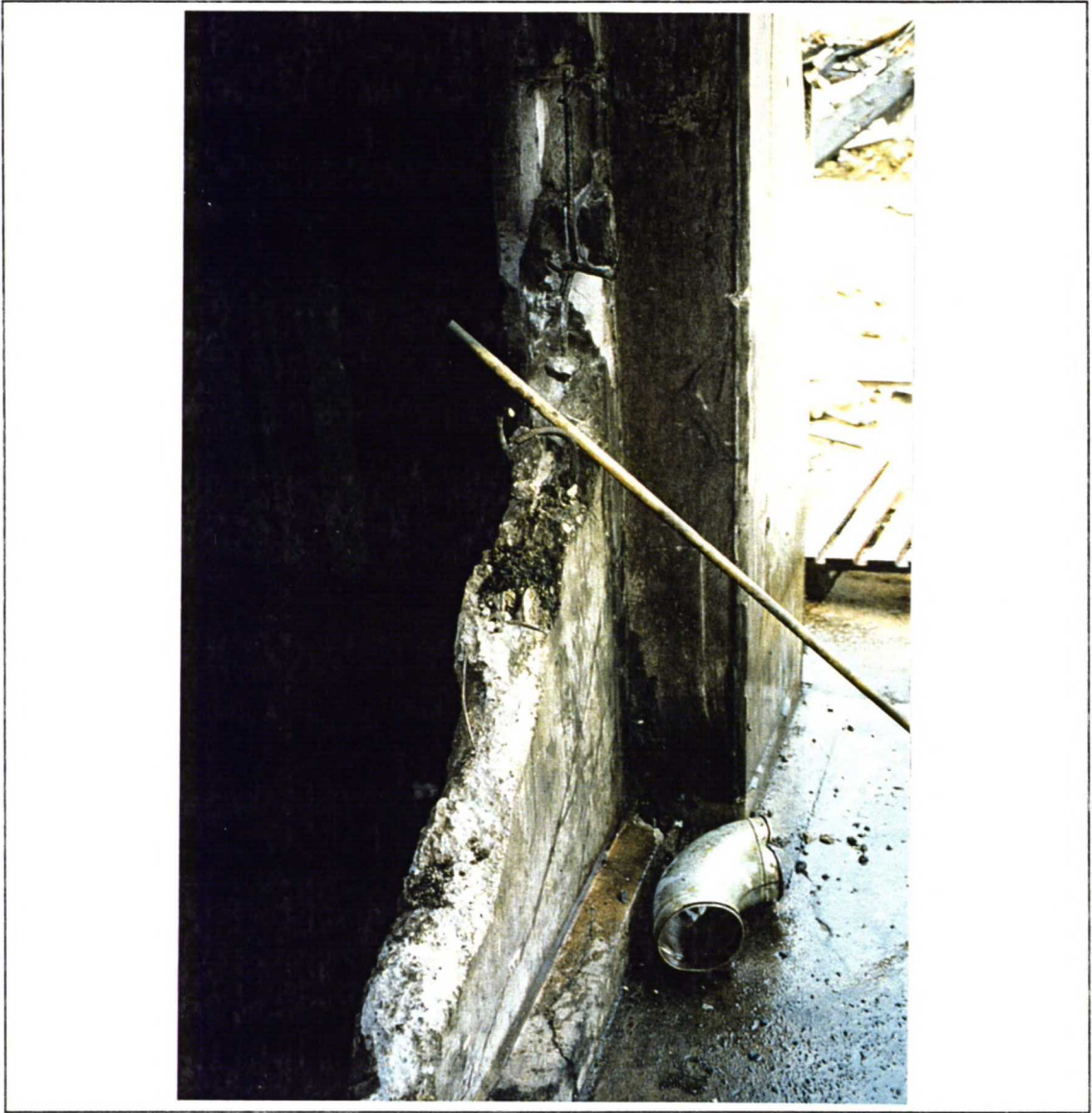
Tehdasrakennuksessa oli sprinklerilaitos, jossa käytetään ATC-kalvovaahtoa. Räjähdyksessä sprinkleriputkisto vaurioitui räjähdystilan kohdalla käyttökeltvottomaksi, mutta muualla laitos toimi moitteetta ja tehokkaasti. Kalvovaahtoa käytettiin 3,8 m³, jolla palo saatiin sammumaan myös räjähdystilasta. Tämä johtuu siitä, että räjähdyksessä tilaa rajoittaneet väliseinät rikkoutuivat täysin jolloin viereisten tilojen sprinklerisuuttimet sumuttivat kalvovaahtoa myös räjähdystilaan. Palokunnan arvion mukaan näkyvä palo oli kestoltaan noin puoli tuntia ja palokunta käytti vettä ja kalvovaahtoa omasta säiliöstä noin tunnin ajan.

5.2.4 Räjähdyksen ja palon vaikutukset osastoiviin rakennusosiin

Räjähdystilaa ympäröineet ulko- ja väliseinät tuhoutuivat räjähdysten voimasta täysin, kuva 5.6. Räjähdytilan yläpuolella ollut 250 mm vahvuinen paikallavalettu teräsbetoni-laatta nousi räjähdysten voimasta ylöspäin ja laskeutui takaisin paikalleen. Vaikka välipohjaa ja -seiniä ei voida pitää osastoivina niissä olleiden aukkojen vuoksi, sitoivat ne niin paljon räjähdysten tuottamaa energiaa, että koko tehdasta vaurioittaneilta vahingoilta välttyttiin.

Räjähdyksen aiheuttama paineaalto vahingoitti tehtaalla osastoituja seiniä, joiden osastointi oli tehty kalkkihiekkatiiliä käyttäen, mikä ei kestänyt räjähdystä. Tiiliseiniin tuli räjähdysten vaikutuksesta halkeama 45° kulmaan ja halkeaman leveys vaihteli 5-10 mm välillä.

Sähkötalan seinässä halkeama kulki ulkoapäin katsottaessa vasemmalta oikealle ja alhaalta ylös tiilien saumojen mukaan. Tiiliseinä on räjähdystilaan päin. Koko sähkötalan tiiliseinä tuli sisäänpäin noin 15 mm ja seinä menetti osastoivuutensa, jolloin palosta tulleita savukaasuja pääsi sähkötilaan. Sähkötilaan johtava ovi, palonkestoaluokka A120, kesti paineen hyvin, koska ovi avautuu räjähdyspaineen kulkeutumis-suuntaa vastaan. Tästä johtuen paine työnsi ovea tiiviimmin kiinni karmeihin, eikä ovi näinollen vaurioitunut räjähdysten aiheuttamasta paineallostaa. Paineaallon aiheuttama tyhjiö (implosio) palo-oven edessä on kuitenkin vaikuttanut siten, että vastapaine on vetänyt ovea ulospäin ja näin hiukan käyristänyt ovea. Savua sähkötilaan on tullut myös ilmastointikanavien kautta, joissa palopellit eivät laenneet vaan päästivät savua sisään. Lämpiviennit olivat tiivistetty huolellisesti, joten ne eivät aiheuttaneet savunleviämistä ja palon leviämisen vaaraa.



Kuva 5.7. Räjähdyksen voimasta räjähdystilan paikallavaletut teräsbetoniset 160 mm väliseinät tuhoutuivat lähes täysin, vain nurkkiin jäi pienet palat. Räjähdykset voimaksi on arvioitu 5-6 MPa.

Kuumaöljylaitteistotilan tiiliseinä tuli sisään noin 10 mm ja halkeama kulki ulkoapäin katsoen vasemmalta oikealle ja alhaalta ylös. Vahingoittunut seinä on räjähdystilan puolella. Tämän tilan palo-ovi (A120) on räjähdystilan puolella ja se vääntyi hieman räjähdysten voimasta ja oven lukkosysteemi vaurioitui siten, että oven salpa ei enää sulkenut ovea tiiviisti. Tiiliseinään tulleen halkeamasta ja oven raoista tilaan pääsi savukaasua, mikä aiheutti tilan likaantumisen muttei vakavia vaurioita itse laitteille.

Automaattilaitteistotilan räjähdystilan puoleiseen tiiliseinään tuli vastaavanlainen halkeama kuin muihinkin seiniin. Tiiliseinä siirtyi sisäänpäin 10-50 mm ja halkeaman leveys oli noin 10 mm. Tässä tilassa palo-ovi (A120) sijaitsee vastakkaisella seinällä ja se ei kärsi-

nyt vaurioita. Savukaasun tunkeutuminen automaattilaitetilaan aiheutti heikkovirtalaitteiden vaurioitumisen.

Uloskäytävän palo-ovet eivät toimineet räjähdysten jälkeisessä palotilanteessa odotetulla tavalla, sillä ne päästivät savukaasua uloskäytävään. Räjähdysten aiheuttama paineaalto on työntänyt palo-ovia niin kovalla voimalla, että niihin on tullut taipumia. Implosio on taas vaikuttanut toiseen suuntaan kuin paineaalto, jolloin ovi on heilahtanut vastaavasti toiseen suuntaan, josta on ollut seurauksena palo-ovien lisätaipumat. Palo-ovien aukeamissuunta on ollut oikein kulkusuuntaan mutta räjähdystä ajatellen ovien olisi pitänyt aueta päinvastaiseen suuntaan. Kaikissa osastoivissa palo-ovissa on samanlainen salpa, joka on oven ulkopuolella ja näin altis mekaaniselle kulutukselle. Tämän lisäksi räjähdys- ja palotilanteessa salpa ei lukitse ovea tiiviisti. Palo-ovien heikko salpa ja lukko ovat olleet osasyynä siihen, että savua on levinnyt uloskäytävään. Tietenkään ei voida varmuudella sanoa, että toisenlainen salpa olisi pitänyt savukaasut syttymisosastossa, mutta palo-ovien toiminta ainakin uloskäytävien kohdalla olisi voinut onnistua paremmin jos ovissa olisi ollut toisenlainen salpa- ja lukkosysteemi.

5.2.5 Räjähdysten ja palon aiheuttamat vahingot

Räjähdyksessä loukkaantui lievästi kaksi henkilöä. Räjähdysten aiheuttamat vahingot liikkuvat 10 ja 20 miljoonan markan välillä. Tässä on mukana laitteiston uusimisesta ja keskeytysvahinkojen aiheuttamat kustannukset. Kyseisen prosessin uudelleen käynnistäminen vie ainakin puoli vuotta. Tehtaalla voidaan kuitenkin käynnistää muiden tuotteiden tuotanto aikaisemmin, sillä muut laitteet kärsivät räjähdyksessä vain lieviä vaurioita.

Räjähdystilan kohdalta ulkoseinäelementit tuhoutuivat täysin, yhteensä 81 m² alueelta. Räjähdystilan yläpuolelta molemmilta julkisivuilta jouduttiin julkisivuelementit nostamaan alas ja korjaamaan elementtien kiinnityskohdat, tarkistamaan halkeilut ja pesemään elementit yhteensä 89 m² alueelta. Näiden lisäksi räjähdysten paine rikkoi ikkunoita joka puolelta julkisivua sekä uloskäytävistä.

Räjähdystilassa olleet pilarit ja palkit kärsivät vaurioita sekä räjähdyksestä että palosta. Pilari B1 joudutaan uusimaan kokonaan. Pilareihin A1, A2 ja B1 joudutaan uusimaan hakeraudoitus ja asentamaan lisävetoteräksiä sekä uusimaan julkisivuelementtien kiinnitysterästyksset. Samoin A- ja B-linjojen sekä 1- ja 2-linjojen palkeista joudutaan uusimaan hakateräset sekä lisäämään taivutusteräksiä, ks. kuva 5.4 ja 5.5.

Räjähdystilän yläpuolinen välipohja joudutaan uusimaan kokonaan, koska se on räjähdyksessä noussut ilmaan ja laskeutunut takaisin, jossa välipohjan kiinnitykset ovat kärsineet pahoin samoin kuin koko laatta.

Räjähdystä seurannut palo sytytti tehtaan sähkökaapeleita, joita paloi noin 25-30 km. Sähkökaapelit olivat PVC-muovipinnoitteisia, joiden palosta aiheutui korroosiovaara koko tehtaalle. Kloorivety yhdessä kosteuden kanssa on aiheuttanut mm. automaatiolaitteiden piirilevyjen tuhoutumisriskin, jotka jouduttiin pikaisesti puhdistamaan.

Palosta aiheutui savuvahinkoja koko tehtaan alueella ja myös erillisiin osastoihin jaetuissa sähkötilassa, kuumaöljylaitte- ja automaatiolaitetilassa jouduttiin uusimaan laitteistoja ja puhdistamaan tiloja.

5.2.6 Uudet rakenteet

Pääperiaatteena ulkoseiniä rakennettaessa tulisi olla se, että ulkoseinät ovat kevennettyjä räjähdysten varalta. Sopiva rakenne on esimerkiksi pelti-lämmöneristys-pelti rakenne, joka on kevyt ja räjähdystilanteessa rakenne päästäisi paineen purkautumaan ulospäin.

Tämä edellyttää sitä, että tuotantotiloihin rajoittuvat väliseinät ja välipohja tulee rakentaa räjähdyspaineen kestäviksi, eikä seinissä ja välipohjassa saa olla aukiolevia aukkoja. Sopiva rakenne tuotantotiloihin rajoittuviksi seiniksi ja välipohjaksi olisi entisen kaltainen teräsbetonirakenne, jonka sitkeyttä lisätään kasvattamalla käytettävää teräsmäärää.

Tuotantotilaan rajoittuvaan seinään tulevaan kulkuaukkoon tulee A120 luokan tyyppihyväksytty osastoiva palo-ovi. Palo-oven salpautuminen tulee olla järjestetty oven keskeltä liitettynä mahdolliseen lukkoon, jolloin oven kieli ei ole alttiina mekaaniselle rasitukselle ja ovi sulkeutuu tiiviisti.

Läpiviennit tulee tiivistää niin, että mahdollisessa räjähdys- ja palotilanteessa läpivientien tiiviys kestää. Räjähdysten kestäviä läpivientiratkaisuja ovat valettavat massat ja läpivientielementit. Prosessin eri vaiheita voidaan mahdollisesti tämän takia joutua järjestelmään uudelleen tai osastoinnin paikkaa voidaan joutua muuttamaan siten, että osastointi saadaan pitäväksi.

Sähkötilan, kuumaöljylaitte- ja automaatiolaitetilan tiiliseinät tulisi purkaa ja tilalle tulisi rakentaa teräsbetoninen A120 luokan osastoiva seinä. Näiden tilojen välipohjat ovat jo betonilaattoja ja ne voidaan käyttää tilojen osastoivina kattoina. Myös näihin tiloihin tulee

A120 luokan osastoiva palo-ovi, jossa oven salpautuminen on järjestetty oven keskeltä. Läpiviennit tiloista tiivistetään huolellisesti käyttäen kipsipohjaista valumassaa. Ilmastointiputkiin asennetaan palopellit osastoivien seinien kohdalle.

5.2.7 Johtopäätökset

Räjähdysvaaralliset tilat tulee osastoida siten, että osa tilaa rajoittavista rakennusosista räjähdyspaineen vaikutuksesta avautuvat turvalliseen suuntaan. Tällä tavoin vältetään räjähdyspaineen purkautuminen tuotantotiloihin tai kulkuteihin. Muut tilaa rajoittavat rakennusosat mitoitetaan kestävänsä kevennetty räjähdyspaine. Rakennusosissa, jotka ottavat vastaan räjähdyspaineen, ei saa olla aukkoja, joita ei ole tiivistetty tai suljettu osastoivalla ovella tai luukulla.

Tässä tapauksessa tuli esiin, että käytännön tilanteessa palo-oven ulkopinnalla oleva kahvaan mekaanisesti liittyvä salpa, ei riittävän tehokkaasti sulje ovea räjähdys- ja palotilanteessa. Salpa on altis mekaaniselle rasitukselle ja oven tiiviyyteen tulee helposti väljyyttä. Palo-ovien kehityksessä tulisi kiinnittää huomiota oven tiiviyyteen ja kiinnisalpautumiseen.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa ei saa käyttää tiiltä osastoivana rakenteena, koska tiiliseinä rikkoutuu pienestäkin paineesta ja aiheuttaa hajotessaan suuren henkilövaaran. Tässä tapauksessa oli onni ettei räjähdystilaa oltu osastoitu tiiliseinillä, mistä olisi ollut seurauksena valtavaa tuhoa koko tehdashallissa ja henkilöturvallisuus olisi ollut vielä suuremmassa vaarassa.

Tehdaslaitoksessa tulisi osastoida eri prosessin vaiheita, vaikka Suomen Rakentamismääräyskokoelma antaisikin mahdollisuuden käyttää näin suuria osastokokoja. Ainakin räjähdysvaaralliset ja syttymisherkät prosessin osat tulisi muodostaa omiksi osastoiksi. Tällöin vältetään vahingon sattuessa ylimääräisiltä, muita prosessin osia vahingoittavilta tilanteilta. Jos tässäkin tapauksessa kevennykset olisivat olleet paikallaan ja osastoivat rakenteet tiiviit muiden tuotantotilojen suuntaan, muut tehdasrakennuksen osat ja tuotantoprosessi olisi luultavasti säästynyt savuvahingoltakin.

Kemialliseen prosessin liittyy aina tietty riski, joka johtuu prosessin arvaamattomuudesta kun on kysymys uudesta tuotteesta. Vaikka tälle välituotteelle on suoritettu esitestit, ei niissä havaittu mitään mikä viittaisi tässä tapauksessa tapahtuneeseen reaktioon. Uusi tuote olisikin hyvä testata täysimittaisissa testeissä tehdasrakennuksessa, jossa prosessin jokainen osa on osastoitu omiksi, erilliseksi palotekniseksi osastoksi.

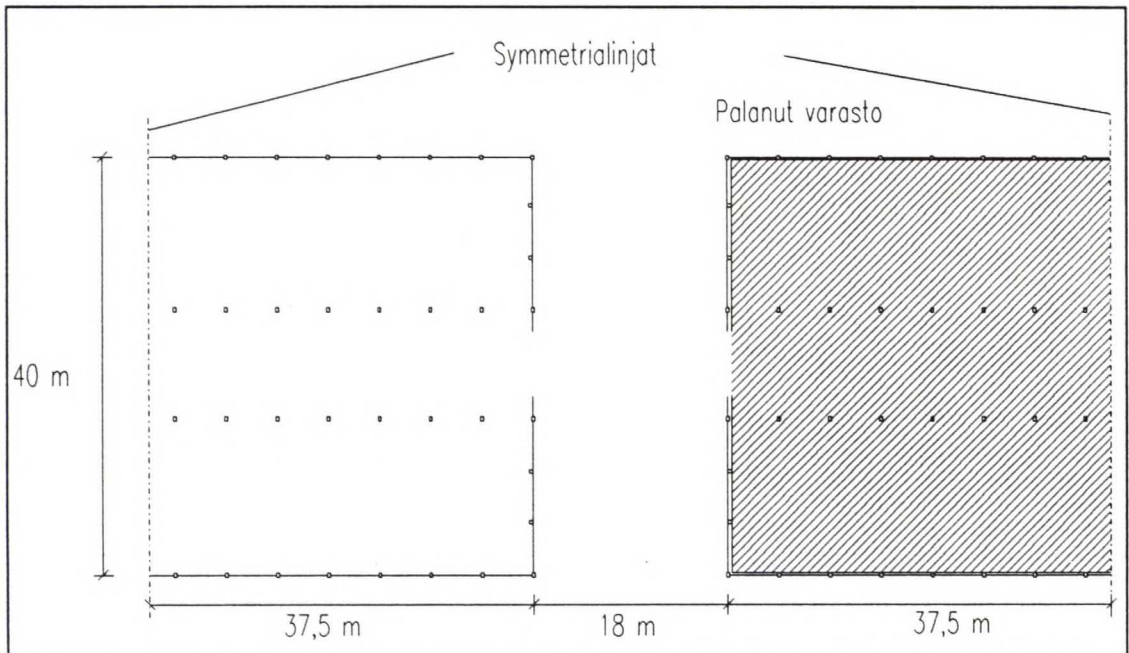
5.3 Tuotevaraston palo

5.3.1 Yleistiedot

Maanantai-iltana kello 23.00 aikaan sattui tehtaan tuotepakkausvaraston palo. Palossa tuhoutui kokonaan varaston sisältö ja vuonna 1966 rakennettu varastorakennus, jonka paloluokka voidaan katsoa olleen paloahdistava. Varastorakennus oli kylmärakenteinen, yksikerroksinen ja sen leveys oli 40 metriä ja pituus 75 metriä sekä sisäkorkeus palkin alapintaan 6 metriä, kuva 5.8. Varastossa oli tavallinen alkusammutuskalusto ja paloilmoitinjärjestelmää ei ollut, joten varastorakennuksen suojaustaso oli heikko. Varaston palovaarallisuusluokka oli 1.

Varastossa säilytettiin lasipakkauksia, joita oli noin 2000 tonnia. Varastorakennus oli lähes täynnä, joten varaston täyttöasteeksi voidaan arvioida 75%. Lasipakkaukset oli pakattu trukkilavoille ja lasikerrosten välissä oli aaltopahvia. Trukkilavallinen lasia oli lisäksi paketoitu käyttäen pakkausmuovia, jota oli koko paketin ympäri. Varsinaista palokuormaa varaston sisältö sisälsi siis suhteellisen vähän. Palossa tuhoutui kahden viikon tuotantoa vastaava määrä sairaaloiden ja elintarviketeollisuuden tarpeisiin tehtyjä lasipulloja.

Palosta tuli samanaikaiset ilmoitukset trukkikuskilta ja läheisestä noin 75 metrin etäisyy-



Kuva 5.8. Palaneen tuotevaraston etäisyys viereistä varastosta oli 18 metriä. Kummassakaan varastossa ei olleet päätyovet paikallaan, mutta palokunnan onnistui estää palon eteneminen toiseen varastoon. Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeista laskettuna varastojen välinen etäisyys olisi pitänyt olla 23 m.

dellä olevasta varastorakennuksesta, missä on paloilmoitinjärjestelmä. Palokunta oli paikalla noin 8 minuuttia palon ilmoituksen jälkeen, jolloin ei ollut enää mitään tehtävissä palon sammuttamiseksi varastossa. Palaneen varastorakennuksen vieressä oli toinen vastaavanlainen varastorakennus. Rakennusten välinen etäisyys oli 18 metriä. Palokunta keskittyikin sammutuksessa pelkästään suojelemaan toista varastorakennusta, joka oli identtinen palaneen varaston kanssa.

5.3.2 Varastojen rakenteet ja etäisyys

Varastorakennuksen runkorakenteena oli betonipilarit, joihin liimapuupalkit liittyivät. Liimapuupalkkien liitos pilareihin oli toteutettu lattaraudoilla, jotka olivat molemmin puolin liimapuupalkkia. Pilarit olivat kaikki samanlaisia 400×300 kokoisia ja pilariväli hallin leveyssuuntaan oli 4,85 metriä ulkoseinälinjalla ja hallin pituussuuntaan 5 metriä. Varaston sisällä pilariväli leveyssuuntaan oli 14,55 metriä varaston laidoilla ja keskellä 10,5 metriä, pituussuuntaan pilariväli oli 5 metriä, kuva 5.8. Liimapuupalkit olivat noin 50 metriä pitkiä varaston leveyssuuntaisesti. Varastorakennus muodosti yhden paloteknisen osaston, joten sitä ei oltu millään tavalla osastoitu rakennuksen sisällä.

Hallin sivulla oli molemmilla puolilla kaksi oviaukkoa, joiden koko oli 6000×3500. Lisäksi hallin molemmissa päädyissä oli oviaukot, joiden koko oli 6000×3500. Päädyissä olleissa oviaukoissa ei ollut ovia laisinkaan.

Varastorakennuksen lattia oli rakennettu maanvaraisena, missä suoraan hiekan päälle on asennettu lankku koolaukseksi ja tähän päälle on ladottu 160×50 lankkuja, joiden väliin on jätetty 10-20 mm rakoa. Tällaiseen maanvaraiseen ratkaisuun on päädytty, koska varaston kohdalla maapohja painuu ja helpoin tapa nostaa lattian tasoa vaadittavaan tasoon on lisätä hiekkaa lankkujen alle. Rakennusteknisesti rakenne ei ole hyvä. Paloturvallisuusteknisesti tällainen rakenne ei ole turvallinen, koska rakoon tulee likaa, pölyä, paperia ja muuta syttyvää materiaalia. Lankkujen väliseen rakoon tuleva roska, voi helposti sytyttää lankkulattian palamaan, kun palon vain saa alun jostakin. Tämän lisäksi rako tarjoaa hyvän paikan kipinälle, joka voi jäädä kytämään rakoon pitkäksikin aikaa.

Varastorakennuksen kattorakenteena oli liimapuupalkit 200×700 kantavana primäärirakenteena, jotka olivat lattaraudoilla kiinnitetty betonipilareihin. Sekundäärirakenteena oli 175 mm korkea ja 50 mm leveä palkki, tämän päällä 50×100 lankut ja 10 mm pehmeä kuitulevy sekä vesieristysuopa. Katetta voidaan pitää luokkaan K2 kuuluvana ja kattorakenteita palavina.

Ulkoseinät oli verhottu minerit-levyllä, jossa on käytetty materiaaleina asbestia, sementtiä ja selluloosaa. Minerit-levyjä ei yleensä käytetä ulkoverhousten alaosissa levyjen heikon iskukestävyyden vuoksi. Minerit-levyt oli kiinnitetty 63×175 puurunkoon, jotka olivat puolestaan kiinnitetty pilareihin. Minerit-levy on palamaton ja paloa levittämätön materiaali, mutta palotilanteessa levy pirstoutuu ja sillä voidaanakin katsoa yksinään olevan vain 10 minuutin palonkestävyys.

Palaneen varastorakennuksen toisessa päädyssä ollut toinen varasto on samanlainen palaneen varaston kanssa. Varastot ovat Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeiden mukaan laskettuna rakennettu liian lähelle toisiaan.

Turvaetäisyys lasketaan Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeen B1: Turvaetäisyydet mukaan kaavalla: [42, s. 1]

$$D = k \cdot c \cdot R + 2 \text{ metriä} \quad (2)$$

k on kerroin, joka riippuu uhkaavan kohteen uhkaluokasta, ulkoseinästä ja katosta.

c on kerroin, joka riippuu uhanalaisen kohteen ulkoseinän ja katon palonkestävyydestä sekä suojauksesta.

R on uhkaavan kohteen pystypinnan pienempi sivumitta, leveys (L) tai korkeus (H).

Uhkaluokka on Teollisuusvakuutuksen käyttämä määritelmä, jossa kohteet jaetaan kolmeen uhkaluokkaan niiden palokuorman määrään ja laadun mukaan. Kohteen toiminnan palovaarallisuusluokka ja rakennusosien paloluokka vaikuttavat uhkaluokan määräytymiseen. Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeen mukaan kaavasta 2 laskettuna turvaetäisyyden olisi pitänyt olla noin 23 metriä kun se nyt oli 18 metriä. Toki on muistettava ettei kyseistä suojeluohjetta ollut vielä olemassa, kun varastorakennukset rakennettiin.

Palon leviäminen vastakkaiseen varastorakennukseen saatiin estettyä vain palokunnan tehokkaan toiminnan ansiosta ja siitä syystä, että palosta saatiin ilmoitus riittävän ajoissa. Palokunnan arvion mukaan palon leviäminen vastakkaiseen varastorakennukseen olisi ollut enää muutamasta minuutista kiinni. Palokuormaa varastorakennuksessa oli vähän sillä sitä oli vain lattiassa, katossa, hiukan seinissä ja trukkilavoissa sekä pakkausmuovissa.

5.3.3 Palon kehittyminen ja palokunnan toiminta

Kiertovahti kävi varastolla kello 22.24, jolloin kaikki oli kiertovahdin mukaan vielä kunnossa. Trukkimies teki 22.57 hälytyksen palosta painonapilla ja samanaikaisesti viereisessä, 75 metrin päässä varastossa olevasta paloilmoitinjärjestelmästä tuli ilmoitus palosta. Palokunta oli palopaikalla 23.05 ja tässä vaiheessa palo oli jo edennyt niin pitkälle, että toiminta keskitettiin heti vastakkaisen varaston suojeluun.

Palokunnalla oli käytössään viisi vesitykkiä, joihin johdettiin 8 barin paineella 6000 l/min vettä 2 vuotta sitten uusitusta palovesiputkistosta. Sähköpumppaamon teho riitti juuri ja juuri tyydyttämään vesitykkien veden tarpeen. Varalla oli lisäksi dieselkäyttöinen pumppaamo, jonka teho 7 barin paineella on 4000 l/min. Dieselpumppaamo ei kuitenkaan käynnistynyt koska sähköpumppaamon teho oli riittävä. Nämä molemmat pumppaamot toimivat periaatteessa paineenkorotuspumppamoina, koska varsinainen pumppaamo sijaitsee liian kaukana pystyäkseen muodostamaan riittävän suuren paineen palovesiverkostoon.

Kummankaan varaston päätyaukoissa ei ollut ovea, kuva 5.9, mikä vaikeutti varaston



Kuva 5.9. Palossa tuhoutunut varastorakennus palon jälkeen. Kuva otettu palolta säilyneen varaston katoilta ja etualalla näkyy palaneen varaston kattopalkkeja.

suojelua läpivirtaavan ilman ja palon aiheuttaman lämpösäteilyn vuoksi. Tässä varastossa ei kuitenkaan ollut oviaukon läheisyydessä varastoituna lasipakkauksia, joka auttoi palon leviämisen estämisessä myös tähän varastoon. Toisaalta tuuli oli noin 1 m/s pohjoisesta etelään eli juuri palavasta varastosta palolta säästyneeseen varastoon päin, mikä lievästi vaikeutti palokunnan toimintaa.

Palon kestänyt noin 40 minuuttia romahti varaston katto alas, mikä helpotti palokunnan sammutus- ja suojelutoimintaa huomattavasti. Katon romahtamisen syynä oli liimapuu-palkkeja tukevien lattaterästen pettäminen palon kuumentaessa teräkset nurjahduspisteesen. Katon romahtamisen jälkeen palokunnan toiminta siirtyi jälkisammutukseen ja jäähdytykseen, kun ei enää ollut vaaraa palon leviämisestä vastakkaiseen varastoon.

Osastoivana rakenteena tässä tapauksessa toimi toisen varaston ulkoseinä eli minerit-levy. Varaston ulkoseinät rajoittivat yhdessä palokunnan tehokkaalla avustuksella palon vastakkaiseen varastorakennukseen.

5.3.4 Varaston palon aiheuttamat vahingot

Palossa tuhoutui koko varaston sisältö ja varastorakennus täysin ja palovahingon alustavaksi määräksi on arvioitu 17 Mmk. Keskeytysvakuutuksesta korvataan arviolta 0,5 Mmk, joka muodostuu ylimääräisistä varastointikustannuksista.

Varastorakennuksen betonipilarit ovat kärsineet kuumuudesta niin paljon ettei edes niitä voida käyttää uudelleen. Varastorakennuksen lattia kärsi lievimmät vahingot ja lattian korjauksesta selvitään vaihtamalla pahoin palaneista kohdista lankut uusiin. Lankkulattia ei paloturvallisuusteknisesti ole paras vaihtoehto, joten kohteeseen tulisi suositella esimerkiksi kantavaa betonialapohjaa.

Vastakkainen varastorakennus ei kärsinyt palossa mitään vahinkoja. Palokunnan tehokas toiminta takasi sen, ettei edes varaston bitumikermikate kärsinyt palosta.

5.3.5 Uuden varaston rakenne ja sijoittuminen

Vanhan varastorakennuksen tilalle rakennetaan uusi ja samalla varaston pinta-alaa suurennetaan 6000 m² :n. Tämä varasto tulee SRMK:n mukaan rakentaa palonkestäväksi mikäli varaston suojaustasoa ei nosteta. Koska uuden varaston etäisyys on edelleen 18 metriä vanhaan varastoon tulee Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeen B1 mukaan uuden varastorakennuksen päätyseinä rakentaa osastoivaksi A60 luokan rakennusosin.

Uudessa vuoden 1995 alusta voimaan tulevassa SRMK:n osassa E2, ks. luku 2, varasto voidaan rakentaa paloahdistavana. Tämä merkitsee sitä, että varaston suojaustaso tulee olla IV, eli automaattinen sammutuslaitteisto sekä tavallinen alkusammutuskalusto. Osastoivien rakennusosien paloluokka tulee olla A60-luokkaa. Varasto voidaan rakentaa myös paloapidättävänä, jolloin suojaustason tulee olla III, eli automaattinen paloilmoitin sekä tavallinen alkusammutuskalusto. Osastoivien rakennusosien paloluokka tulee olla tässä tapauksessa A90-luokkaa.

Seuraavassa on esitetty kaksi erilaista uuden varaston rakenteiden ratkaisuvaihtoehtoa. Tässä tapauksessa varaston suunnittelusta vastaavat päätyivät ratkaisuvaihtoehtoon 2.

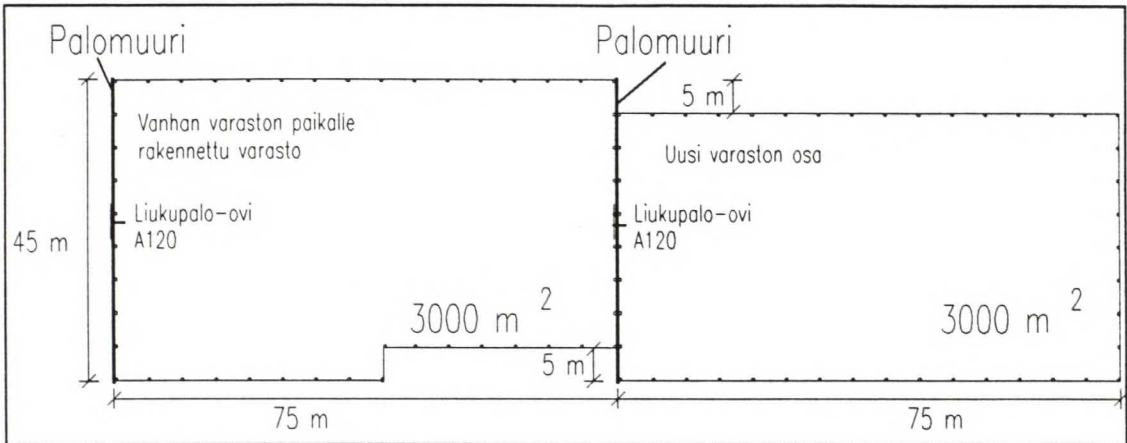
Ratkaisuvaihtoehto 1:

Varasto rakennetaan yhtenä 6000 m²:n paloteknisenä osastona ja rakennus luokitellaan paloapidättäväksi. Tästä seuraa, että varastoon vaaditaan automaattinen paloilmoitin sekä tavallinen alkusammutuskalusto.

Ratkaisu turvaetäisyysvaatimusten täyttämiseksi on rakenne, missä päätyseinä muurataan 130 mm leveästä NRT tiilestä, jolla kylläkin saavutetaan jo A90 luokan osastoivuus ulkoseinässä. Tiiliseinää jatketaan ainakin yksi pilariväli (5 metriä) varaston sivuilla, vanhan varaston puoleisessa päädyssä. Tällä vältetään palotilanteessa se, että palo kiertäisi osastoivan tiiliseinän sivukautta.

Samalla tavalla kuin päätyseinä tulee viedä sivuille, on katto samantavalla kuin päätyseinä tulee palonkestävänä A60 luokan rakenteena. Ratkaisuna kattorakenteeksi tälle osalle on rakenne, missä kantavana on betonipalkit, jotka kiinnitetään pilareihin valamalla ja konsolilla, jolloin palotilanteessa palkki ei pääse nurjautamaan. Palkkien päälle joko 400 mm ontelolaatta tai 80 mm valettu teräsbetonilaatta. Myöhempää tarvetta (jos varastosta rakennetaan joskus lämmin) varten laatan päälle tulee 120 mm mineraalivilla ja tämän päälle 40 mm profiilipelti, jolloin rakenteessa tulee olla kallistusta yli 7°.

Loppuosa varastorakennuksesta seinä- ja kattorakenteiden osalta voidaan rakentaa vanhan rakenteen mukaisesti kevytrakenteisena, esimerkiksi seinään profiilipelti pystyyn ja kattoon kantava profiilipelti, lämmöneristys ja katepelti tai huopa. Tällä saavutetaan se hyöty, että palotilanteessa kevytrakenteisempi kattorakenne romahtaa ensin alas, mikä helpottaa palokunnan toimintaa ja toista varastorakennusta on helpompi tällöin suojella. Tämä merkitsisi sitä, että palossa menetettäisiin koko 6000 m²:n varastossa oleva vaihto-

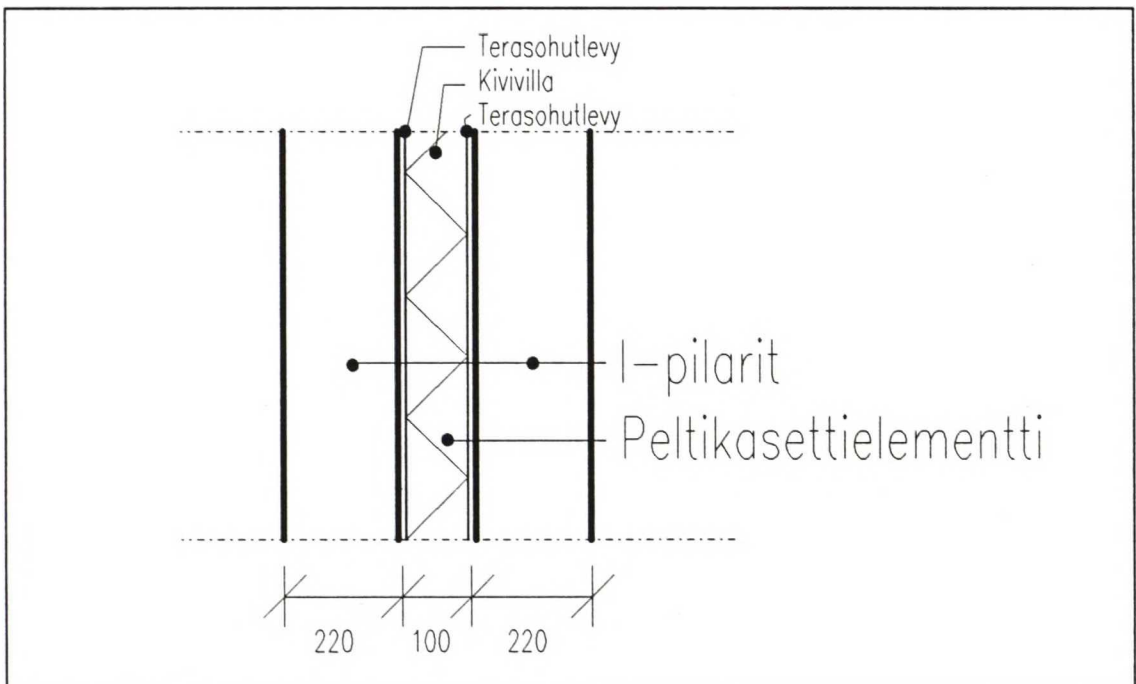


Kuva 5.10. Uuden varaston yleisleikkaus. Palomuurit ovat A120 luokkaa, joissa on automaattisesti sulkeutuvat palo-ovet. Palomuurien rakenneleikkaus kuvassa 5.11.

omaisuus, mikä ei tietenkään ole järkevää. Toisaalta vanha varastorakennus ei aiheuta paloriskiä uudelle varastolle päädyssä olevan palomuurin vuoksi.

Ratkaisuvaihtoehto 2:

Uusi varasto rakennetaan paloapidättävänä ja tässä vaihtoehdossa uusi varastorakennus osastoidaan palomuurilla kahteen 3000 m² suuruiseen osastoon, kuva 5.10. Uusille varastoille vaaditaan suojaustasoksi vain tavallinen alkusammutuskalusto. Palomuuri olisi



Kuva 5.11. Palomuurin rakennekuva varaston keskellä. Terasohutlevy-elementti on periaatteessa itsensä kantava, mutta tässä tapauksessa seinän toimiessa palomuurina on sen kestävä myös pieniä iskuja sormumatta, joten elementtiä tukee molemmin puolin I-pilarirunko. Palomuuri ulottuu 1 metrin yli kattopin-

luokkaa A120 ja siinä olevien palo-ovien luokka vastaavasti A120. Vanhan palossa säilyneen varaston puoleiseen päätyyn tulee myös A120-luokan palomuuuri, joka ulotetaan 1 metrin yli seinälinjan ja palomuuuriin asennetaan myös palo-ovi. Palo-ovet ovat varustettu paloilmaisimilla ja ne sulkeutuvat automaattisesti palotilanteessa.

Varastorakennuksesta tulee, samoin kuten edellinen oli, kylmä joten seiniin ei tule lämmöneristystä. Seinän pintarakenteeksi tulee pelti ja pellin kannattavaksi rakenteeksi I-pilarit ja kotelopalkit. Katon kantavana primäärirakenteena käytetään teräsristikoita, joiden päälle tulee sekundäärinä kantava profiilipelti ja tämän päälle 50 mm mineraalivillaa sekä huopakate. Palomuurissa käytetään teräsohutlevy-elementtejä siten, että palomuurin kantavana runkona käytetään I-pilareita, jotka asennetaan molemmille puolille teräsohutlevy-elementtejä varaston keskellä ja päädyssä pilarit palosuojataan palosuojalevyillä. Erillisellä rungolla saavutetaan se hyöty, että seinä voidaan katsoa palomuuriksi, koska se kestää palon räsytystä molemmilta puolilta seinää sortumatta vähintään 120 minuuttia.

Palomuuuri ulotetaan seinälinjan yli 5 metriä ja kattopinnan yli yhden metrin, jolloin palotilanteessa palo ei pääse kiertämään palomuuria. Palomuuureista tulee tehdä sellaisia, että ne kestävät palotilanteen sortumatta ja palomuurien tulee kestää palotilanteen aiheuttamia pieniä iskuja.

5.3.6 Johtopäätökset

Rakennusten väliseen vapaaseen turvalliseen etäisyyteen ei kiinnitetä SRMK:n määräyksissä ja ohjeissa riittävästi huomiota, sillä ohjeissa minimietäisyys paloahdastavien rakennusten välillä SRMK:n mukaan on 4 metriä, jolloin aukkoja saa olla yhteensä 1 m². Tässä tapauksessa kun varastojen välinen etäisyys oli yli 8 metriä ei SRMK aseta mitään rajoituksia varastojen rakenteille.

Juuri paloahdastavilla rakennuksilla tulisi olla tiukemmat määräykset turvaetäisyydestä toisiin rakennuksiin, koska näissä rakennuksissa on yleensä enemmän palokuormaa ja heikommät rakenteet suojaavat tätä palokuormaa. Tästä aiheutuu se, että palo voi herkemmin levitä toiseen rakennukseen.

Ympäristöministeriön määräysten soveltamisesimerkkien mukaan kahden rakennusryhmän välinen vapaa etäisyys tulee olla 12-15 metriä, kun ryhmien rakennuspinta-ala on ≤ 1600 m². Tämän lisäksi tulee rakennusten keskinäistä sijoittelua harkittaessa ottaa huomioon palokunnan toimintavalmius ja -mahdollisuudet sekä maaston ja rakennusten väliset korkeuserot ja kattopintojen suuruus. [3, s.40]

Tässä tapauksessa varaston eli paloteknisen osaston koko oli 3000 m², jolloin Ympäristöministeriön suositushjetta ei voida täysin noudattaa mutta, kun nyt varastojen välinen etäisyys oli 18 metriä ja osaston koko näin suuri olisi etäisyys tälläkin perusteella pitänyt olla suurempi.

Rakennukset, jotka sijaitsevat suhteellisen lähellä toisiaan ei saa olla vapaita aukkoja. Tässä tapauksessa oviaukoissa olisi pitänyt olla ovet, jotka olisi voinut sulkea ja näin oltaisiin välttytty varastojen läpi virtaavan ilman aiheuttamilta vaaratilanteilta. Ratkaisu tässä olisi käyttää palotilanteessa automaattisesti sulkeutuvia ovia, koska normaalikäytössä oviaukkojen kautta on jatkuvaa trukkilliikennettä.

Lähekkäisten rakennusten vastakkaiset seinät tulee rakentaa osastoivina siten, että palon leviäminen voidaan palokunnan avustuksella torjua. Tätä osaltaan helpottaa kevyt rakenteinen, suhteellisen helposti romahtava rakenne sillä osalla kattoa minkä katsotaan olevan turvaetäisyyden ulkopuolella. Tällä romahtavalla katon osalla saavutetaan se hyöty, että palokuorma siirtyy alemmaksi ja osastoivien, palamattomien rakenteiden suojaan.

Osastoimalla varasto pienempiin osiin, oltaisiin välttytty koko varaston tuhoutumiselta. Tästä olisi ollut se hyöty, ettei yrityksen tuotteiden toimitusvarmuus olisi heikentynyt. Tämän lisäksi omaisuusvahingot olisivat olleet pienemmät samoin kuin maksettu omaisuus- ja keskeytyskorvaukset.

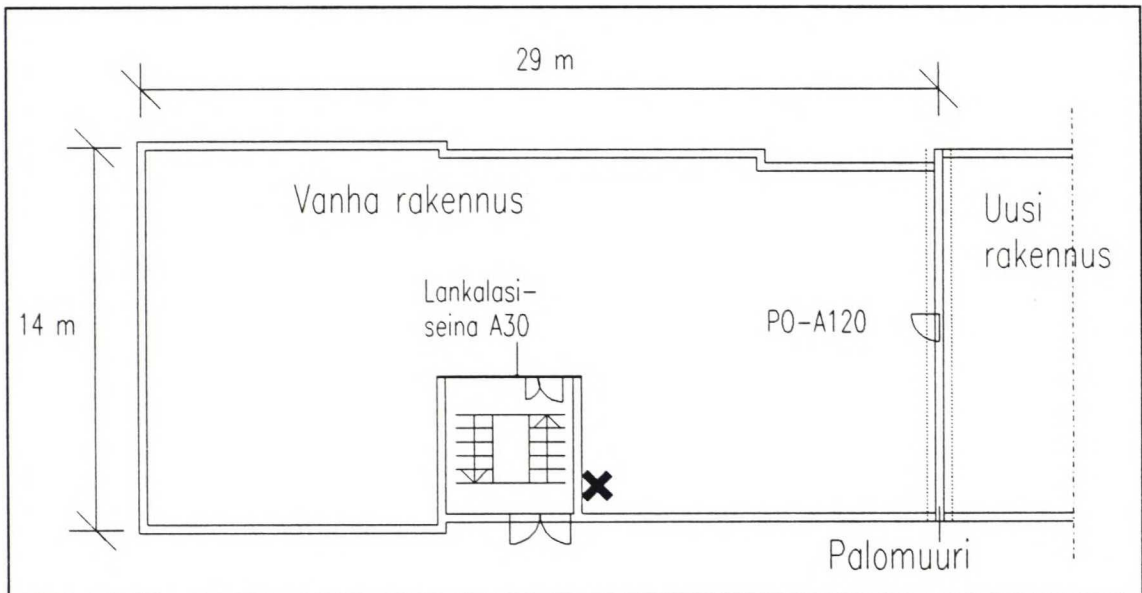
5.4 Vanhan sairaalarakennuksen palo

5.4.1 Yleistiedot

Tulipalo sattui sairaalarakennuksessa, joka oli kaksiosainen ja kaksi maanpäällistä kerrosta käsittävä rakennuskompleksi. Vanhempi rakennuksista tuhoutui palossa kellarikerrosta lukuunottamatta kokonaan ja uudempi rakennus kärsi savuvahinkoja. Tuhoutuneessa rakennuksessa oli 340 m² kahdessa kerroksessa ja kellarissa oli 300 m². Vanha rakennus oli rakennettu 1960-luvulla ja kun sen toiseen pätyyn rakennettiin uusi rakennus, tehtiin nyt tuhoutuneessa rakennuksessa peruskorjaus. Rakennukset erotettiin 1980-luvulla tehdyssä uudisrakennuksessa ja peruskorjauksessa palomuurilla, kuva 5.12.

Tuhoutuneen vanhan rakennuksen paloluokka voidaan katsoa olleen paloapidättävä, vaikka rakennus oli hirsirunkoinen ja osassa rakenteita eristysenä oli sahanpurua. Rakennus oli varustettu automaattisella paloilmoituslaitteistolla, joka suorittikin hälytyksen pelastuslaitokselle ja sairaalan päärakennukseen.

Palokunta sai ilmoituksen palosta kello 14.10, jossa ilmoitettiin tyhjillään olevan rakennuksen palavan. Palohetkellä rakennuksen henkilökunta ja potilaat olivat poissa kesäloimien vuoksi. Palo sai alkunsa nyt tuhoutuneen rakennuksen keskiosasta, porraskäytävän viereisestä tilasta. Palon syttymissyypoliisin esitutkintapöytäkirjan mukaan on sähköjoh-



Kuva 5.12. Vanhan sairaalarakennuksen palon syttymispaikka merkitty rastilla. Palon syttymishetkellä rakennukset olivat tyhjillään ja paloilmoituslaitos teki palohälytyksen. Porraskäytävän osastointi piti hyvin ja palomuurin yhdessä palokunnan toiminnan ansiosta esti palon leviämisen uuden rakennuksen puolelle.

toputken läpi lyöty naula, joka on ajan kuluessa kuluttanut sähköjohtojen muovisuojausten rikki ja näin aiheuttanut oikosulun. Palo on palanut seinän rakenteesta johtuen kauan ennenkuin liekit tulivat näkyviin ja ennen kuin paloilmoituslaitos teki ilmoituksen palosta.

5.4.2 Vanhan rakennuksen rakenteet

Vanhan rakennuksen osan kantavat ulkoseinät olivat osaksi hirsirakenteisia ja osaksi kantavalla puurungolla, missä eristeenä käytettiin sahanpurua ja kutterin lastua. Saneerauksen yhteydessä 130 mm hirren sisäpuolelle laitettiin muovikalvo ja kipsilevy sekä pintaverhous. Samoin puurunkoisen rakennuksen osan sisäpinnassa oli kipsilevy ja pintaverhous. Ulkoseinästä tuli entisen kaltaiseksi rappauspinnaksi. Yläpohjan rakenteena oli kattotuolit ja yläpohjahirret, joiden välissä oli ilmapäli ja lämmöneristeet.

Vanhasta osasta oli kaksi poistumistietä, joista toinen oli ensimmäisestä kerroksesta, rakennuksen etupuolelle ja toinen kellarikerroksesta rakennuksen takapuolelle. Ensimmäisen kerroksen porraskäytävä oli varsinainen sisäänkäynti ja se oli osastoitu syttymishuoneesta 125 mm paksulla betoniseinällä. Palo sai alkunsa porraskäytävän puoleisesta seinästä hirsiseinään sähköjohtojen läpi isketyn naulan vuoksi, kuva 5.12.

Porraskäytävästä oli kerrokseen sisäänkäynti osastoitujen lankalasiovien, joiden palonkestoaikaluokka oli A30, kautta. Nämä lankalasiovet olivat seinässä, joka oli kokonaan B15 luokan lankalaserakenteinen seinä, mutta joka oli porraskäytävän kohdalla samaa A30 luokkaa.

Palon syttymiskohdassa porrashuoneeseen rajoittuva seinä oli hirsirakenteinen, jonka pintaan oli kiinnitetty kipsilevy. Syttymisen aiheuttanut naula ja sähköjohto olivat tämän kipsilevyrakenteen ja hirren välisessä välitilassa. Tämän rakenteen vuoksi palo on saanut rauhassa syttyä ja kehittyä siten, ettei palokunnalla ollut enää mitään mahdollisuuksia sammuttaa paloa, kun se oli jo päässyt pureutumaan kantaviin seinä- ja kattorakenteisiin.

Vanha ja uusi rakennus oli erotettu palomuurilla, joka oli 125 mm paksuinen betoniseinä ja jokaisesta kolmesta kerroksesta johti palo-ovi palomuurin läpi. Palo-ovet olivat valmistajan ilmoituksen mukaan A120-luokan palo-ovia, mutta oville puuttui tyyppihyväksyntä. Palo-ovien tiivistys betoniseinään ei ollut täysin tiivis vaan siinä oli pieniä rakoja, jotka eivät kuitenkaan olleet läpi seinän. Tämä ei heikentänyt ovien toimintaa vaan palo-ovet toimivat hyvin, vaikkakin ovet olivat palon aikana niin kuumia ettei oviin voitu käsin koskea.



Kuva 5.13. Palon eteneminen vanhasta rakennuksesta uuteen rakennukseen saatiin pysäytettyä kuvan palomuurin. Palomuurissa on vesikatolla 300 mm betoniset levitykset molemmin puolin palomuuria, joten palo ei päässyt leviämään tätäkään kautta.

Palomuurin läpi meni ullakkotilassa neljä ilmastointiputkea, joissa oli palopellit palomuurin kohdalla. Ullakkotila oli osastoitu kevytsoraharkkoilla ja harkkojen päälle oli valettu betoninen levennys, joka oli 300 mm yli molemmin puolin palomuuria eli yhteensä 725 mm leveä palokatko. Palomuuria tehtäessä siinä muottina käytetty huokoinen kuitulevy ja ovi-varaukset oli jätetty vielä paikalleen. Ovi-varaukset ja kuitulevyt eivät tuhoutuneet palossa.

5.4.3 Palon kehittyminen

Paloilmoituslaitteisto antoi ilmoituksen aluehälytyskeskukselle ja sairaalan päärakennukseen. Palo oli syttynyt sisäänkäytävänä käytetyn porrashuoneen viereisessä potilashuoneessa, mistä oli näkynyt liekkejä palokunnan saapuessa paikalle. Huoneessa oli ollut tullessa kaksi sänkyä, jotka palomiehen sammuttivat. Porrashuoneen puoleinen seinä oli ollut tällöin kuuma. Ilmeisesti palomiesten sisääntulessa sisään päässyt ilma oli sytyttänyt yläpuolella olevan huonetilan ilmiliekkeihin. Palomiehen havaitsivat palon olevan porrashuoneen betonisen seinän ja sisäpinnan kipsilevyn välisessä tilassa.

Vanha hirsirakenteinen seinä levitti paloa tehokkaasti tästä eteenpäin, koska hirren ja kipsilevyn välissä oleva ontelotila toimi hormin tavoin, jossa ilma kiersi tehokkaasti antaen palolle mahdollisuuden levitä. Tässä ontelotilassa palo levisi kattorakenteisiin ja tätä kautta koko talon kantaviin puurakenteisiin. Kattorakenteissa olleen ilmavälin ja ullakotilassa olleen palokuorman vuoksi palo levisi muihin rakennuksen runkorakenteisiin.

Palokunta teki palomuurin kohdalle rajoituslinjan, johon palon eteneminen saatiin pysäytettyä. Vanha puoli rakennuksesta paloi noin kaksi vuorokautta ja palokunnan olikin purettava vanha osa maan tasalle, jotta palo saatiin sammutettua. Palon päästyä pureutumaan kantaviin puurakenteisiin, ei palokunnalla ollut enää mahdollisuuksia sammuttaa palo. Palo ei kuitenkaan levinnyt vanhan osan kellarikerrokseen, joka kuitenkin kärsi savu- ja vesivahinkoja. Näiden lisäksi purettaessa rakennuksen vanhaa osaa romahti osa kellarin puurakenteisista välipohjista.

5.4.4 Palomuurin ja muun osastoinnin käyttäytyminen

Rakennuksen vanhan osan porraskäytävän osastointi esti palon leviämisen porraskäytävään niin tehokkaasti, että rakennuksesta poistumiseen olisi ollut palohälytyksen kuulemisen jälkeen riittävästi aikaa. Palokunnan saapuessa paikalle oli porraskäytävässä jo savua, mikä vaikeutti palokunnan sammutushyökkäyksiä. Rakennuksissa ei ollut ihmisiä, joten porraskäytävän toimivuutta ei voitu todeta todellisessa tilanteessa.

Vanhan ja uuden osan välinen palomuri toimi estäen yhdessä palokunnan toimien kanssa palon leviämisen rakennuksen uuteen osaan. Palo-ovet pitivät tiiviytensä eikä ovien pinta-ampötila tulen vastakkaisella puolella noussut niin korkeaksi, että se olisi sytyttänyt myös uuden osan rakennuksesta. Palomuurin vesikatolla olevat levytykset ja peltikate estivät palon leviämisen kattorakenteiden kautta uudelle rakennuksen osalle.

Ilmastointiläpiviennit eivät levittäneet paloa, mutta ainakin osa uuden puolen savuvahingoista on aiheutunut palopeltien läpi menneestä savusta. Kaapeliläpiviennit palomuurin läpi kuljivat kellarikerroksessa, joka ei osallistunut paloon laisinkaan. Tästä syystä kaapeliläpiviennit ei olleet edes uhattuina.

Palokunnan toiminta yhdessä palomuurin kanssa esti palon leviämisen uuteen rakennukseen. Palomuri ei kuitenkaan olisi kestänyt palon räsytystä ilman palokunnan apua. Palomuri olisi luultavasti pettänyt siinä olevien heikkouksien vuoksi, jos kohteen palokuorma olisi saanut vapaasti palaa loppuun. Tässä tapauksessa palomuurin heikot kohdat

olivat palo-ovet ja ovien kiinnittyminen seinään sekä ilmastointiläpiviennit, joiden kautta palo olisi voinut levitä.

5.4.5 Palon aiheuttamat vahingot ja uudet rakenteet

Vanhan sairaalarakennuksen tuhoutuminen ja osan irtaimistosta jäädessä rakennukseen, aiheutui tästä 7,5 miljoonan markan vahingot. Uusi rakennus kärsi lähinnä savuvaurioita, josta aiheutui myös korvattavaa vahinkoa.

Vanhasta osasta tuhoutui kaksi ylintä kerrosta täysin, myös kaikkien kantavien rakenteiden ja kattorakenteiden osalta. Kellarikerros kärsi savu- ja vesivahinkoja sekä osa kellarin välipohjasta romahti raivaussammutuksen voimallisuuden vuoksi.

Palon alkuvaiheessa palokunnan onnistui pelastaa vanhan osan luokissa olleita tavaroita ja atk-laitteita. Uudella osalla osa atk-laitteista ja muista tarvikkeista kärsivät savuvahinkoja. Koska palo ei päässyt leviämään rakennuksen uuteen osaan ei uusi osa kärsinyt tämän suurempia vaurioita. Uuden osan käyttöönottoa vaikeuttaa se, että sähkö- puhelin- ja atk-johdotukset kulkivat vanhan osan kautta, jonka vuoksi tästä aiheutuu kustannuksia ja viivästyksiä kun nämä johdotukset tulee saada kuntoon ennen potilaiden saapumista.

Vanhan rakennuksen tilalle ei ainakaan vielä rakenneta uutta rakennusta. Rakennettaessa uutta rakennusta nyt säästyneet rakennuksen päätyyn, tulee palomuurin säilyttää nykyisellä paikallaan ja siinä olevia heikkouksia tulee parantaa. Uuteen rakennukseen tulisi asentaa vesikate palamattomasta materiaalista ja palomuurin vesikatteen alapinnan levityksiä voisi jatkaa siten, että ne ulottuisi 500 mm palomuurista sivulle. Samoin palomuuria voisi jatkaa seinälinjan yli siten, että se ulottuisi 1 metrin seinälinjan ohi tai palomuurissa olisi vastaavat levitykset sivuille kuin on vesikatolla. Tällä voitaisiin varmistaa se, ettei palo voi kiertää palomuuria palotilanteessa miltään suunnalta. Palo-ovien karmien liittyminen palomuuriin tulee tiivistää ja palo-oviksi tulisi hankkia tyyppihyväksytyt A120 paloluokan ovet. Ilmastointiläpiviennit tulisi tiivistää esimerkiksi kipsipohjaisella valumassalla, joka on tarkoitettu osastoivien läpivientien tiivistykseen.

5.4.6 Johtopäätökset

Peruskorjausten yhteydessä tulisi välttää rakenteita, jossa kantavan puurungon ja pintalevyn väliin jää ilmatila. Tämä ontelotila antaa palolle mahdollisuuden levitä huomaamattomasti ja nopeasti muihin rakenteisiin. Samoin vesikattorakenteen ullakkotila levittää

paloa vaikeuttaen palokunnan toimintaa. Näissä molemmissa paikoissa oli lisäksi runsaasti palokuormaa, mikä nopeutti palon leviämistä koko rakennuksen vanhalle osalle.

Palomuuuri on tehokas tapa erottaa palotekniset osastot toisistaan. Ainakin tässä tapauksessa, kun palomuurissa oli A120-luokan palo-ovet ja palomuurin läpi ei mennyt muita läpivientejä kuin ilmastointiputkia, toimi palomuuuri tarkoitustaan vastaavalla tavalla. Savun leviäminen osastosta toiseen on ongelmallista, jota on vaikea estää vaikka ilmastointiputkissa olisikin toimivat palopellit. Savun leviämiseen on vaikuttanut sekin, että uuden osan ulko-ovesta ja muista aukoista on päässyt savua leviämään ulkokautta myös rakennuksen uuteen osaan.

Vaikka palomuurissa olleet palo-ovet eivät olleet tyyppihyväksytyjä, toimivat ne silti hyvin estäen palon leviämisen ovien kautta uudelle osalle. Toki palo-ovien pintalämpötila on ollut korkea mutta siitä huolimatta ovet täyttivät niille asetetut vaatimukset. Osastoiva ovi voi toimia valmistajan ilmoittaman palonestoajaluokan mukaisen ajan, estäen palon leviämisen. Tästä huolimatta tulisi suosia tyyppihyväksytyjä palo-ovia, joista voidaan jo oven hankintahetkellä olla varmoja oven toimivuudesta.

Peruskorjauksen yhteydessä rakenteita uusittaessa vanhat rakenteet saivat jäädä ennalleen ja vanhojen päälle vain lisättiin uudet pintakerrokset. Vanhoissa rakenteissa on usein käytetty eristeenä sahanpurua ja kutterinlastua, jolloin rakenteisen palokuorma on suuri jo vanhassa rakenteessa ja kun tällaisen rakenteen päälle lisätään vain uusia kerroksia lisää tämä palokuormaa ja palon leviämisen vaaraa rakenteissa entisestään. Peruskorjausten yhteydessä tulisi pyrkiä eroon vanhanajan lämmöneristysratkaisuista. Tässä yhteydessä voidaan samalla uusien rakenteiden sijaan, että rakennusaineiden syttymis- ja palonlevittämismuutokset olisivat paremmat kuin vanhoissa ratkaisuissa.

Palon leviyttyä koko vanhalle rakennuksen osalle palokunta siirsi toiminnan pelkästään palon rajoittamiseen palomuriin. Mutta kun palo ei vanhalla osalla sammunut, jouduttiin se raivaamaan maan tasalle, jolloin aiheutettiin samalla ylimääräistä vahinkoa vanhan osan kellarikerroksen tiloille. Palo ei olisi levinnyt enää mihinkään vaikka palokunta olisi noudattanut hiukan maltillisempaa raivaussammutustaktiikkaa. Tällöin oltaisiin vältetty ylimääräisten vahinkojen ja kustannusten synnyttä.

5.5 Asuinkerrostalon kattopalo

5.5.1 Yleistiedot

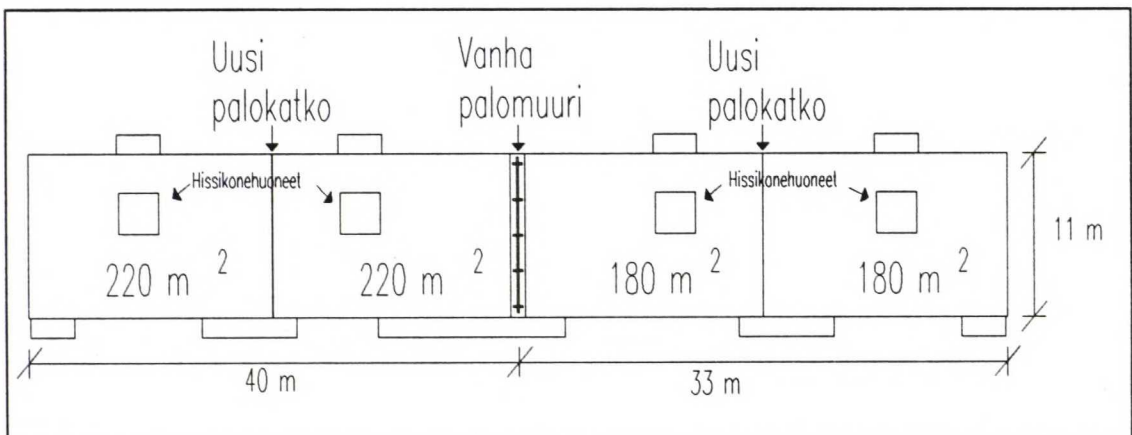
Palovahinko sattui asuinkerrostalon katto remontin yhteydessä kun vesikaton pellitystä ja ruodelaudoitusta oltiin uusimassa sekä katon lämmöneristystä parannettiin. Kerrostalossa neljä rappukäytävää ja kuusi kerrosta, joista asuinkerroksia viisi ylintä, sekä viisikymmentä asuntoa. Aukkaita talossa on reilut sata. Rakennus on rakennettu betoni-sandwich-elementeistä ja rakennuksen paloluokka on palonkestävä.

Palo sai alkunsa remontin yhteydessä käytetystä laikkaleikkurista, josta lentänyt kipinä sytytti katon rakenteet palamaan. Palo havaittiin asukkaiden toimesta aamuyöllä. Palokunnan paikalle tullessa katto oli jo ilmiliekeissä, eikä katolle ollut menemistä ilman tikasnosturia. Asukkaiden turvallisuus ei ollut palon takia vaarassa, mutta tilannetta johtanut palo esimies evakuoiti koko kerrostalon. Katolta tippuvien palaneiden kappaleiden vuoksi evakuointi olikin paikallaan.

5.5.2 Kerrostalon rakenneratkaisut

Rakennuksen vesikatto oli rakennettu ontelolaatan päälle ja se oli puurakenteinen pulpettikatto, jossa vesierityksenä oli pelti. Peltikatteen ja lämmöneristysten väliin jäi ontelotila, joka oli 1100...200 mm korkea. Ulkoseinät ovat betoni-eriste-betoni- rakenteisia sandwich-elementtejä. Ullakkotila on matala ja sinne pääsee vesikatolta kattoluukkujen kautta sekä joka portaikossa olevasta hissikonehuoneen miesluukusta.

Ullakko oli katkaistu muuratulla 130 mm paksuisella palomuurilla, joka sijaitsee raken-



Kuva 5.14. Asuinkerrostalon vesikatto, joka tuhoutui palossa kokonaan. Kuvaan on merkitty myös katon korjauksessa tehtävät uudet palokatkot.

nuksen pituussuunnassa sen puolella välissä rakennusta, ks. kuva 5.14. Palokatossa on 600 mm betoninen, 80 mm paksu levitys molemmiin puolin palokatkoa. Palokatkon kohdalla palamaton ja paloalevittämätön palokatkon kokonaispituus on 1200 mm, kuva 5.15. Ullakkotilan osastoivan seinän päällä on normaalisti pelti eristämässä mahdollisen palon etenemisen osastoivan palokatkon yli. Katon korjauksen yhteydessä tämä peltikate oli purettu pois ja katossa oli aukko osastoivan seinän kohdalla. Aukko oli noin viisi metriä molemmiin puolin palokatkoa. Katon korjauksen yhteydessä oli tarkoitus lisätä katon lämmöneristystä ja vaihtaa ruodelaudoitukset lahonneilta osiltaan sekä uusia kokonaan katon pellitys.

5.5.3 Kattopalon kehittyminen

Palon alkuvaiheessa kaikki asukkaat evakuoitiin rakennuksesta katolta tippuvien peltiymien tavaroiden vuoksi. [43, s.8-10]

Vanhaa peltikatetta poistettiin laikkaleikkurilla, jolloin leikkauksessa syntyneet kipinät sytyttivät kattopalon. Palo on kytenyt varsin pitkään, sillä palo havaittiin vasta kello 2.30 aamuyöllä, kun työt on lopetettu noin kello 16.00. Palokunnan saapuessa paikalle näkyivät liekit jo pulpettikaton alta. Palokunta ei enää kyennyt käyttämään hissikonehuoneiden miesluukkuja ja kattotikkaat eivät mahdollistaneet sammutushyökkäyksen tekoa. Puomitikasauto paikalle saatiin vasta myöhemmin ja sen avulla yritettiin rajoittaa palo palokatkoon. Palokatkon kohdalla ollut aukko oli jo aiheuttanut palon leviämisen molemmille puolille palokatkoa, jonka vuoksi koko vesikatto rakenteineen tuhoutui täysin.

Palokunnan tehtäväksi jäi jälkisarutus ja sammutusraivaus. Palokunta joutui kuitenkin ensin odottamaan, että suurin osa palokuormasta oli palanut ennenkuin se kykeni kuumuuden vuoksi menemään katolle. Tämän jälkeenkin katto oli vielä niin kuuma, että palokunta jäähdytti kattoa runsaalla veden käytöllä.

5.5.4 Palokatkon toiminta palossa

Yläpohjan osastoiva ontelolaatta toimi hyvin estäen palon ja savukaasujen leviämisen alaspäin. Ontelolaattaan on kuitenkin kohdistunut suuri lämpörasitus, vaikka se ei näytä kärsineen lämpövaihteluiden aiheuttamista jännityksistä.

Vesikaton ullakkotilan katkaiseva palokatko ei toiminut palotilanteessa laisinkaan, jonka vuoksi palo levisi molemmille puolille palokatkoa. Katon korjauksen yhteydessä palokatkon kohdalta oli pelti poistettu, jolloin samalla oli mitätöity palokatkon toiminta ja palo

pääsi leviämään katon puisissa kattorakenteissa vapaasti. Osasyynä palon nopeaan leviämiseen oli kattoremontissa puretulla katepellillä. Pelti ei kuitenkaan olisi estänyt palon leviämistä mutta se olisi ainakin hidastanut sitä, jolloin palokunnalla olisi ollut mahdollisuus rajoittaa palo palokatsoon. Toinen asia on, että jollei kattoremonttia ei olisi tehty, ei osastoivan palokatkon kohdalla olisi ollut aukkoa ja toisaalta paloa ei olisi ehkä laisinkaan syttynyt.

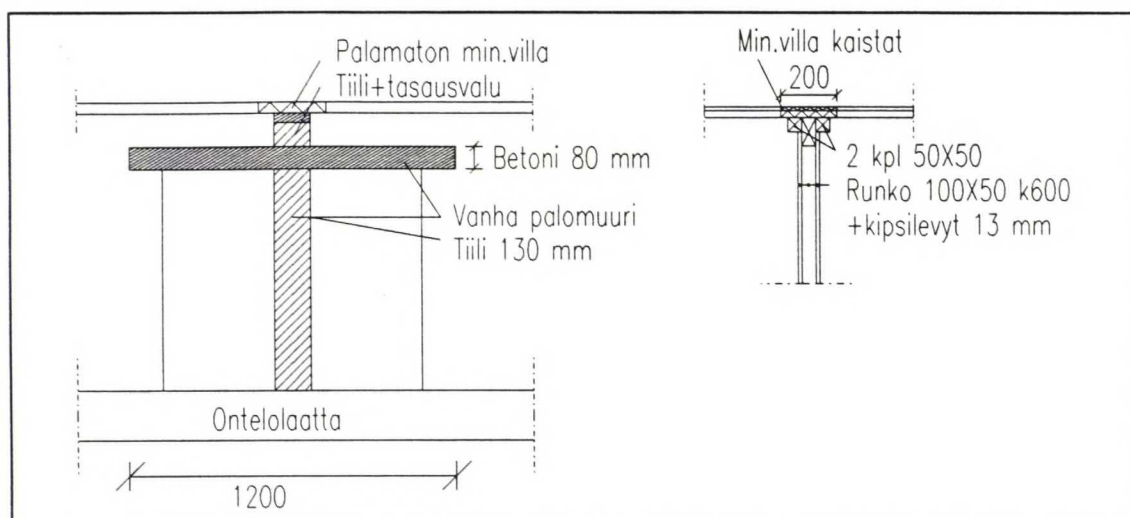
5.5.5 Katon palosta aiheutuneet vahingot

Vahinkojen arvioitiin olevan 1,5 miljoonaa markkaa. Alkuperäinen katon korjauskustannusarvio oli 400 000 markkaa, joka nyt ylitetään reilusti. Vesikatto tuhoutui palossa kokonaan ja se joudutaan rakentamaan uudelleen. Tämän lisäksi rakennus kärsi vesivahinkoja katon sammutus- ja jälkiraivausvedestä. Kerrostalon ylimmän kerroksen asunnot kärsivät eniten vesivahinkoja.

Betoni-elementtien lämmöneristeet kastuivat sammutusvedestä, jonka vuoksi elementtien yläpäästä pidettiin aukinaisena, jotta lämmöneristeet saataisiin kuivumaan. Lämmöneristeistä kosteuden poistaminen voi olla hyvin vaikeaa, jolloin asunnoista voi tulla talvella kylmiä. Tämän lisäksi betonielementit voivat vaurioitua elementtien välistä pakkasen aiheuttaman rapautumisen vuoksi. Toki lämmöneristeillä on kesä aikaa kuivua, mutta kuivumisaika voi jäädä liian lyhyeksi mikäli lämmöneristeet ovat imeneet tarpeeksi vettä itseensä. Näiden seikkojen vuoksi palon aiheuttamat korvaukset voivat nousta tästäkin korkeammiksi, jos pakkasvauriot toteutuvat pidemmän ajan kuluessa.

5.5.6 Vesikaton uudet osastoivat rakenteet

Vesikatto rakennetaan uudestaan siten, että jokainen porraskäytävä osastoidaan ullakotilojen osalta omiksi osastoiksi, jolloin osaston kooksi ullakolla tulee noin 200 m². Rakenteena käytetään puurunkoista kipsilevyseinää ja kipsilevyjen väliin tulee mineraalivillaa, tällä rakenteella saavutetaan B30 palonkestoajaluokka. Kipsilevyjen yläpäästä tiivistetään mineraalivillalla konesaumattun pellin alapintaan. Levyrakenteisten palokatkojen tiivistäminen niin tiiviiksi, että se palotilanteessa kestää sille asetetun palonkestoajan, vaatii suurta huolellisuutta ja tarkkuutta työn suorituksessa, ks. kuva 5.15. Useissa tapauksissa juuri kevyiden osastoituvien rakenteiden osalla tiiviiden saavuttaminen palotilanteessa on osoittautunut hyvin vaikeaksi, ks. luku 4.



Kuva 5.15. Uuden ja vanhan palokatkon periaateratkaisut. Vanhan palokatkon levityksillä ei uudessa rakenteessa ole mitään merkitystä, koska ruodelaudoituksen ja betonin väliin jää noin 10 cm vapaa tila.

Vesikaton muotona pidetään edelleen pulpettikatto. Kantavaksi vesikaton runkorakenteeksi tulevat puiset kattotuolit, jolloin peltikatteen ja lämmöneristyksen väliin jää ilmatila, joka pienenee rakennuksen etupuolta kohden.

Vanhaa betonirakenteista palokatkoa joudutaan korottamaan, mutta se toimii edelleen osastoivana rakenteena, koska se ei kärsinyt vaurioita palossa. Palokatossa olevien levitysten vaikutus kattopalon leviämisen estämisessä poistuu, koska levitykset tulevat uudessa rakenteessa olemaan noin 100 mm peltikatteen alapinnan alapuolella. Tällainen rakenneratkaisu mitätöi levitysten tarkoituksen, jonka vuoksi palotilanteessa palo voi helpommin levitä osastoivan seinän ohi.

5.5.7 Johtopäätökset

Osastoinnin pitävyydestä tulisi huolehtia myös korjaustöiden aikana, koska juuri silloin on mahdollisia syttymislähteitä enemmän kuin normaalitilanteessa. Korjaustyöt pitää suunnitella siten, että osastoivat seinät ja katot eivät menetä merkitystään. Tässä tapauksessa se tarkoittaa sitä, että kattoja ei olisi saanut aukaista osastoivan palokatkon kohdalta molemmilta puolilta seinää. Katon korjaus olisi pitänyt suunnitella siten, että ensin aukaistaan katto toiselta puolelta palokatkoa ja tehdään aukon puoleinen lämmöneristeen lisäys ja peltikatteen vaihto. Tässä tapauksessa olisi ollut syytä harkita osastoinnin parantamista korjausten ajaksi, esimerkiksi korottamalla palomuuuri väliaikaisesti korjausten ajaksi 300 mm kattopinnan yläpuolelle.

Korjauksen yhteydessä osastioviin rakennusosiin tehtävät aukot olisi työn aikanakin pyrittävä tilapäisesti sulkemaan, jottei mahdollinen palo pääse helposti leviämään. [44, s. 17]

Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan palomuurille vaaditaan, että se ulottuu vähintään 300 mm katteen yläpuolelle tai vesikattorakenteen tulee olla molemminpuolin palomuuria 500 mm leveydeltä luokkaa A60. Tämä SRMK:n palomuuureille asetettu vaatimus täyttyy tässä reilusti, joten voidaan olettaa, että jos peltikatetta ei olisi aukaistu molemmilta puolilta palokatkoa yhtäaikaa olisi palokatko rajoittanut palon toiselle katon puoliskolle.

Urakkasopimuksessa tulisi olla aina maininta tulitöiden suorittamisesta tai jos korjaussuunnitelman mukaan tulitöitä ei korjauksessa tarvitse tehdä on urakkasopimukseen liitettävä maininta siitä, että jos urakoitsija aikoo tehdä tulitöitä korjauksen yhteydessä on tehtävä tulityösuunnitelma ja pyydettävä tulityölupa rakennuttajan edustajalta.

6 Osastoinnin investointipäätös

6.1 Lähtötietojen määrittely

6.1.1 Investointipäätöksen lähtötiedot

Osastoiviin rakenteisiin liittyvät kustannukset voidaan jakaa eri kustannuslajeihin, sen mukaan miten kustannukset syntyvät tai mihin osastoivilla rakenteilla on vaikutusta. Osastoinnin kustannukset voidaan jaotella seuraavalla tavalla:

1. HANKINTAKUSTANNUKSET

- Rakennuskustannukset
- Perusparannuskustannukset

2. YLLÄPITOKUSTANNUKSET

- Peruskorjauskustannukset
- Huoltokustannukset
- Käyttökustannukset

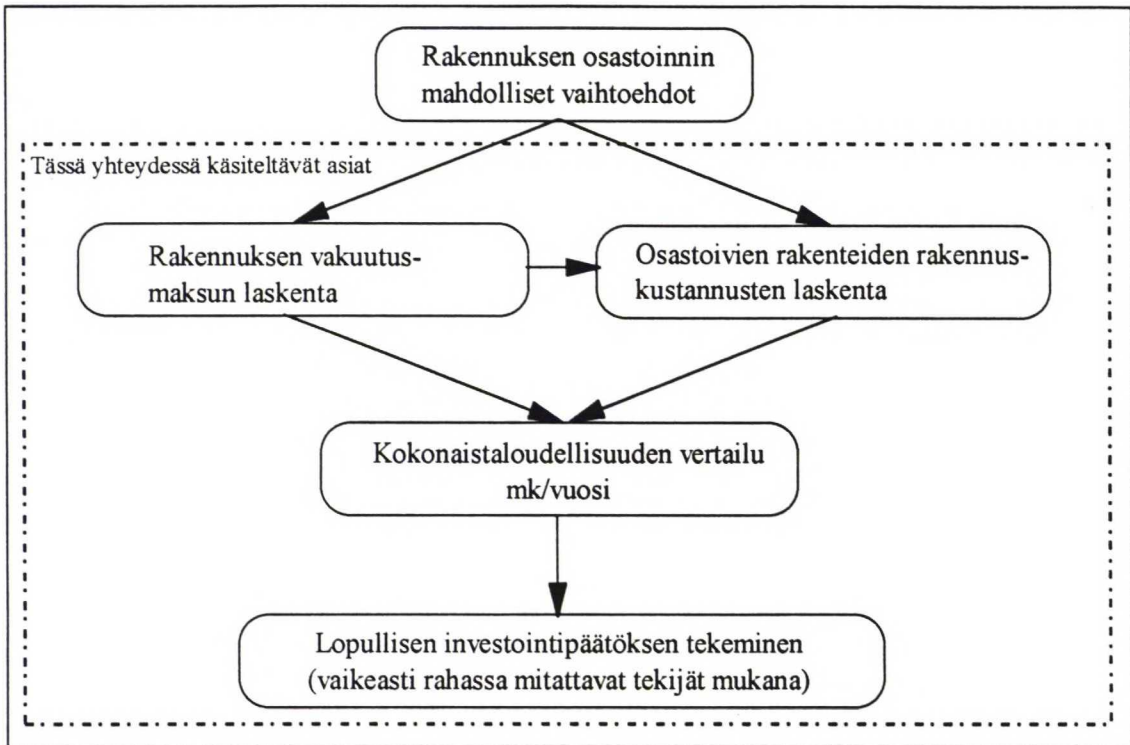
3. RISKIKUSTANNUKSET

- Vakuutusmaksu
- Omavastuu

Vakuutusmaksut voidaan jakaa vielä palovahinko-, rikkoutumisvahinko- ja keskeytysvahinkokustannuksiin. Näiden lisäksi osastoivien rakenteiden investointiin vaikuttaa muut, vaikeasti rahassa mitattavissa olevat tekijät kuten markkinoiden menetys ja keskeytysajasta aiheutuva muu haitta tuotannolle sekä yrityksen imagon kärsiminen.

Osastoivien rakenteiden kustannusten laskennassa on periaatteena vertailla eri vaihtoehtojen vaikutusta vakuutusmaksuun, huolto- ja käyttökustannuksiin ja muihin mahdollisiin tekijöihin. Vaihtoehtoisten osastoivien rakenteiden valintamallin perusteella voitaisiin jokaisessa tapauksessa valita parhaiten kyseiseen kohteeseen sopiva vaihtoehto. Tämän vuoksi tässä diplomityössä esitetään tätä varten kehitetty taulukkolaskentaohjelma, jonka tarkoituksena on toimia osastoivien rakenteiden investointipäätöksen ohjemallina.

Käytännössä osastoivien rakenteiden vaikutusten arviointimalli toteutettiin neljänä eri vaiheena, jotka jakautuivat seuraavasti, kuva 6.1:



Kuva 6.1. Osastoivien rakenteiden investointipäätöksen arviointimalli.

1. Osastoivien rakenteiden rakennuskustannukset, joissa otettiin huomioon myös korjausrakentamisen mahdollisuus.
2. Rakennuksen osastoinnin vaikutus omaisuusvakuutusmaksuun.
3. Eri osastointiratkaisujen investointi- ja muiden kustannusten vertailu.
4. Lopulliseen investointipäätökseen vaikuttavien raha mitallisten ja ei raha mitallisten tekijöiden huomioiminen.

Paloteknisiä osastoja koskeva tieto on tarjottu Teollisuusvakuutuksessa Omaisuusvakuutuksen arviointiohjeissa, ks. luku 2.3. Arviointimalli toteutettiin käyttäen Microsoft Excel-taulukkolaskenta ohjelmaa, koska vaiheet 1-3 vaativat laskentaa, jolloin niiden automatisointi on järkevää.

6.1.2 Kustannuslaskentaohjelman rakenne

Osastoivien rakenteiden rakentamiskustannusten arvioinnissa käytettiin Haahtelan ja Kiiraan tekemiä Talonrakennuksen Kustannustieto Uudisrakentaminen ja Korjausrakentaminen. [45], [46]

Kustannuksia arvioitiin myös eri laite- ja materiaalivalmistajilta saamista tiedoista. Ensimmäisessä vaiheessa jokaisesta rakennusosasta määritettiin seuraavat ominaisuudet:

- TALO-80 luokka
- Hinta (mk/yks)

- Paloluokka
- Nimike
- Määrä (m², kpl...)
- Yksikkö (määrän yks.)
- Yhteensä (mk)
- Käyttö- ja yhteiskustannukset (8,9)
- Työsidonnainen osuus kustannuksista
- Liikevaihtoveron osuus

Liikevaihtoveron (LVV) osuus määritettiin niille rakennusosille, joiden yksikkö hinnassa oli vielä LVV. Kustannusjaon osalta käytettiin Talonrakennuksen Kustannustieto [45 ja 46] kirjojen jaottelua. Laskennan ajankohdan vaikutus määritettiin rakennuskustannusindeksillä. Alueellinen kustannusmuutos ja kate sekä arvolisävero (ALV) laskettiin automaattisesti käyttäjien antamien tekijöiden perustella. Näin saatiin osastoivien rakenteiden rakennuskustannukset laskettua.

Tämä oli kuitenkin käyttäjän kannalta liian hankala, joten laskentamallia yksinkertaistettiin siten, että LVV:n osuus poistettiin jo rakennusosan yksikkö hinnasta. Tästä aiheutui, että uusi laskentamalli antoi 2-5 % suuremmat kustannukset kuin alkuperäinen malli. Tämän lisäksi alueellinen kustannusmuutos, kate ja rakennuttajan kustannukset otetaan uudessa mallissa huomioon vain yksinkertaisilla prosenttiluvuilla, jotka on käyttäjän määriteltävissä. Mallissa on kuitenkin ehdotettu prosenttiosuuden suuruus alueelliseksi kustannukseksi. Katteelle sekä rakennuttajan kustannuksille on laskettu keskimääräiset teollisuushallia vastaavat oletusarvot, jotka ovat myös käyttäjän vapaasti vaihdettavissa.

A4		ALKUTIEDOT	
	A	B	
1	Kohde: Firma Oy		102,1
2	Laskija: PMI		Yhteensä
3	TALO-80 Palokk.		mk
38	45	B90	0
39	45	A60	0
40	45	A60	0
41	45	A180	0
42		Ulk.	0
43	35	A60	0
44	35	A60	0
45	35	A120	0
46	35	A180	0
47			
48	OSASTOIVAT VÄLI- JA YLÄPOHJARAKENTEET		
49			
50	Kantevat väli- ja yläpohjat		
51	33	A60	ontelolaaalta 150 mm m2 150 0
52	33/37/51	A60	ontelolaaalta+lämmöneristys+vesieristys m2 340 0

Laskettava kohde: Firma Oy

Laskija: PMI

Rakennuskustannusindeksi [ol. 7/94]: 102,1

OK Peruuta

Kuva 6.2. Osastoivien rakenteiden kustannuslaskentamallin (OSKU) alkutilanne, kun ohjelma aloitetaan. Kustannuslaskenta voidaan aloittaa kun laskettavan kohteen alkutiedot on annettu. Liitteessä 1 on esitetty koko laskentalomake.

Laskentamalliin tehtyjen yksinkertaistusten vaikutukset arvioitiin olevan hyvin pieniä lopullisen tavoitteen, eli osastoivien rakenteiden kustannusvertailujen kannalta. Testausten avulla saatiin tarkemman laskennan ja likimääräisemmän laskennan eroksi 1-5 %, riippuen siitä otettiin laskelmaan valmisosia vai paikanpäällä tehtäviä rakennusosia. Liitteessä 1 on esitetty laskentamallin lomake, jota täyttämällä osastoivien rakenteiden kustannukset saadaan, kuva 6.2.

Kustannusten laskenta tapahtuu siten, että käyttäjä täyttää MÄÄRÄ-sarakkeeseen osastoivan rakenteen määrän kyseisen rakennusosan kohdalle. Lomakkeen lopussa on yhteenveto kustannustiedoista ja mahdollisuus tehdä yhteenvetoraportti yhtä painiketta painamalla. Yhteenvedossa on esitetty vain valitut rakennusosat ja yhteenvedossa on eriteltynä seuraavat kustannustiedot; Rakennusosat, kate, indeksimuutos, alueellinen kustannusmuutos, ALV:n lisäys 22 % ja näiden lisäksi rakennuttajan kustannukset sekä työmaan yhteiskustannukset.

6.1.3 Kustannustietojen vertailu ja muut investointiin vaikuttavat tekijät

Vakuutusmaksu määräytyy arvioidun vakuutusmäärän ja vakuutusmaksukertoimen eli tariffin tulona. Vakuutusmäärään vaikuttavat kohteen rakennusomaisuus, koneet ja laitteet sekä vaihto-omaisuus. Tariffin muodostumisesta on kerrottu tarkemmin luvussa 2.3. Tariffi lasketaan palo-osasto kerrallaan ja osastolla on tietty perustariffi, joka perustuu osastossa tapahtuvan toiminnan perusteella. Perustariffia korjataan eri kertoimilla sen mukaan miten kyseisessä palo-osastossa toiminta on järjestetty. Seuraavat tekijät voivat korottaa ja laskea perustariffia, liite 2:

- **Rakennustapa**, tähän vaikuttavat kantavien rakenteiden materiaali sekä seinä- ja kattomateriaalit.
- **Palotoimi, vartiointi, sammutusvesi**, jos vakuutuskohteessa on oma tehdaspalokunta, sammutusvesijärjestelmä tai vartiointi on järjestetty, laskee tämä perustariffia.
- **Sammutuslaitteisto**, voi laskea perustariffia jopa 70 % (sprinklerilaitteisto).
- **Osastointi**, millä voidaan jakaa rakennus vielä pienempiin osiin.
 - Varasto ja tuotanto erottamatta osastonnilla, korottaa perustariffia.
 - Pinta-alaosastointi voi korottaa ja laskea perustariffia.
 - Palo-osaston korkeus voi korottaa perustariffia.
- **Naapuruusvaikutuskerroin**, jos viereinen paloteknisessä osastossa on palovaarallista toimintaa voi tästä aiheutua tariffin korotus.

Vakuutusmaksu saadaan kun rakennuksen osastokohtaiset lopulliset tariffit on laskettu, kertomalla lopullinen tariffi ja osaston vakuutusmäärä. Näin saadaan osaston vakuutusmaksu ja koko rakennuksen vakuutusmaksu saadaan laskemalla yhteen kaikki rakennuksen osastojen vakuutusmaksut.

Osastoinnin vaikutus vakuutusmaksuihin saadaan kun rakennus jaetaan eri tavalla osastoihin ja näin saatuja rakennuksen erilaisia vakuutusmaksuja verrataan toisiinsa. Tämä tapahtuu lomakkeella, joka on esitetty liitteessä 2, osastoivien rakenteiden kokonaistaloudellisuuden vertailu. Tässä kustannusvertailussa on otettu huomioon osastoivien rakenteiden osalta investointi- ja ylläpitokustannukset sekä vakuutusmaksut ja omalle riskille jäävät kustannukset, kuva 6.3. Kaikki kustannukset on muutettu vuosikustannuksiksi, jolloin ne ovat laskettavissa yhteen ja näin erilaiset osastointivaihtoehtojen vertailu on mahdollista.

Osastoivien rakenteiden kustannus lasketaan vuosikustannukseksi annuiteettimenetelmällä, käyttäjän antaman korkokannan ja laskenta-ajan perusteella. Oletusarvoina on lasken-

KOKONAISTALOUELLISUUDEN VERTAILU				
KOHDE:				
KUSTANNUSVERTAILU				
Investoinnin tarkastelu aika	10 vuotta			
Investoinnin korkokanta	5 %			
Kohteen ratkaisuvaihtoehto	0	0	0	0
INVESTOINTIKUSTANNUKSET				
Osastoivien rakent. investointi yhteensä				
Rakennuskustannus mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
YLLÄPITOKUSTANNUKSET				
Käyttökulut mk/vuosi				
Huoltokulut mk/vuosi				
VAKUUTUSMAKSU				
Omaisuusvakuutus mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
Keskeytysvakuutus mk/vuosi				
OMAVASTUU				
Ehdollinen 20 000 mk				
Omaisuuuden osalta mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
7. vrk omavastuu aika				
Keskeytyksen osalta mk/vuosi				
KAIKKI YHTEENSÄ mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk

Kuva 6.3. Osastoivien rakenteiden kustannusten kokonaisvertailu-taulukko. Taulukosta nähdään eri osastointi vaihtoehtojen vuosikustannukset, joiden perusteella voidaan vertailla investointivaihtoehtojen kannattavuutta, liite 2.

ta-aikana 10 vuotta ja korkokantana 5 %, jotta osastoivien rakenteiden investointikustannukset tulevat huomioitua vuosikustannuksina. Tällä tavalla saadaan kaikki kustannustekijät yhteismitallisiksi ja eri osastointiratkaisujen arviointi on helpompaa.

Lopulliseen investointipäätökseen vaikuttaa lisäksi muita, vaikeasti rahassa mitattavia tekijöitä. Näiden tekijöiden vuoksi lopullista investointipäätöstä varten on laadittu erillinen lomake, missä on esitetty kustannusvertailun tuloksen lisäksi muut päätökseen mahdollisesti vaikuttavat seikat. Muut investointipäätöksessä huomioitavat seikat ovat, liite 2:

- suurin mahdollinen vahinko (EML),
- keskeytysajasta aiheutuva muu haitta kuin keskeytysvakuutusmaksu,
- markkinoiden menetys,
- lay-outin käytettävyys,
- ympäristön vaarantuminen,
- yrityksen imagon kärsiminen vahingon sattuessa.

Näiden tietojen perusteella tulisi pystyä valitsemaan kohteeseen sopivin osastointiratkaisu. Tätä investoinnin päätösmallia voidaan käyttää osastoinnin lisäämisen tai parantamisen vaikuttavien päätösten tekemiseen.

6.2 Esimerkkilaskelmat

6.2.1 Uuden tuotevaraston investointipäätös

Osastoivien rakenteiden rakennuskustannuksen laskevaa ohjelmaa ja investoinnin päätösmallia testattiin kahdella esimerkkikohteella. Ensimmäisessä esimerkissä lasketaan palotapausten yksityiskohtaisesta tarkastelusta luvun 5.3 kohdassa esitetty uuden varaston investointiin liittyvän osastoinnin investointipäätöksen mallintaminen.

Kohteeseen rakennetaan tuhoutuneen varaston tilalle uusi kaksi kertaa isompi varasto, jonka pinta-ala on 6000 m². Uuden varastorakennuksen päädyssä turvaetäisyyden sisäpuolella on toinen, samaa tuotetta sisältävä tuotevarasto, jonka pinta-ala on 3000 m². Nyt tarkastellaan kolmea vaihtoehtoista osastoinnin toteuttamismallia, kuva 6.4:

Ratkaisuvaihtoehto 1

Koko varasto on yhtä paloteknistä osastoa ja rakennuksen paloluokka on paloapi-dättävä. Kaikki seinät ovat kevytrakenteisia. Koska toinen varasto on turvaetäisyyden sisäpuolella lasketaan Teollisuusvakuutuksen ohjeiden mukaan molemmat va-

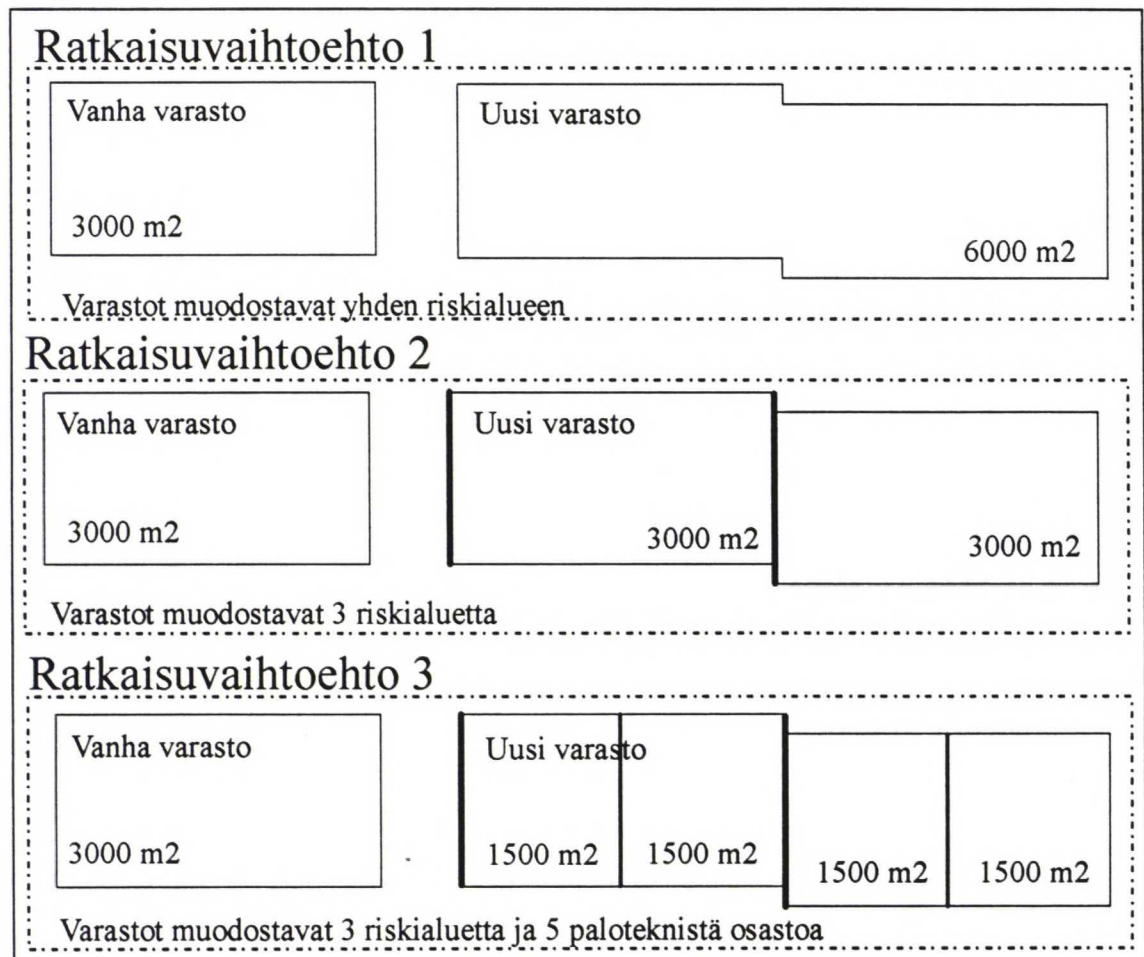
rastorakennukset samaan riskialueeseen. Varasto joudutaan varustamaan automaattisella paloilmoitinjärjestelmällä, jotta varasto voidaan rakentaa SRMK:n mukaisesti yhtenäisenä.

Ratkaisuvaihtoehto 2

Uusi varasto jaetaan kahteen palotekniseen osastoon siten, että vanhan varaston puoleiseen päätyyn ja keskelle varastoa rakennetaan A120-luokan palomuurit. Tällöin voidaan Teollisuusvakuutuksen ohjeiden mukaisesti katsoa näistä kahdesta erillisestä varastorakennuksesta muodostuvan kolme erillistä osastoa. Palomuurin materiaalina käytetään molemmissa palomuuressa teräsohutlevyelemettejä.

Ratkaisuvaihtoehto 3

Uusi varasto jaetaan neljään palotekniseen osastoon. Palomuurit rakennettaisiin samalla tavalla ja samoin materiaalein kuin kohdassa 2. Tämän lisäksi palomuurien väli osastoidaan kahdeksi yhtäsuureksi osastoksi ja palomuurin toinen puoli jaetaan



Kuva 6.4. Tuotevaraston laskennassa käytetyt osastointivaihtoehdot. Vanhan ja uuden varaston etäisyys on 18 metriä, mikä on pienempi kuin Teollisuusvakuutuksen turvaetäisyysohje. Ratkaisuvaihtoehdoissa 2 ja 3 on uudessa varastossa vanhan varaston puoleisessa päädyssä ja keskellä varastoa A120-luokan palomuurit. Muu osastointi muurataan harkoista, joilla saavutetaan A60-luokka.

vastaavalla tavalla kahtia. Varaston jakaminen neljään osastoon (2 osastoivaa seinää) suoritetaan harkkomuurauksella, jolloin saavutetaan A60 luokan osastointi.

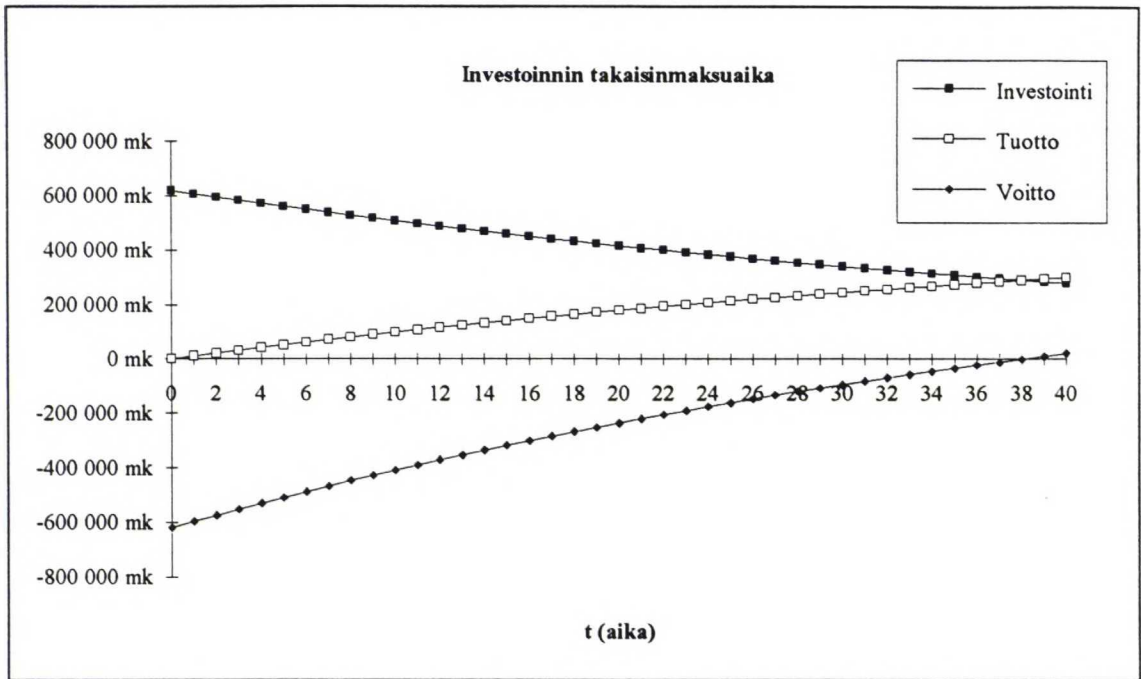
Palomuuureissa käytetään peltikasettielementtejä, joita varten rakennetaan 2 erillistä runkoa. Muu osastointi kuin palomuurit tehdään harkkomuurauksena. Palomuuureissa ja osastoivissa seinissä oletetaan olevan yksi automaattisesti sulkeutuva osastoiva palo-ovi ja tässä liukuovessa yksi kulkuovi. Näillä oletusarvoilla saadaan osastoinnin kustannuksiksi taulukossa 6.1 esitetyt arvot. Taulukossa on myös osastoinnin vaikutukset vakuutusmaksuihin ja muihin kustannuksiin.

Taulukosta 6.1 havaitaan, ettei osastoinnin rakentamista voida perustella taloudellisilla tekijöillä. Suorittamalla herkkyytstarkastelu osastoinnin investointikustannusten diskonttaustekijöitä vaihtelemalla, ei osastointia saada realististen tarkasteluajan jaksojen ja korkojen rajoissa kannattavaksi.

Ratkaisuvaihtoehto 2 saadaan 5 %:n korkokannalla kannattavammaksi kuin ratkaisuvaihtoehto 1, kun investoinnin tarkastelu aika on noin 32 vuotta. Kannattavammaksi vaihtoehto 2 tulee 2 %:n korkokannalla, kun tarkastelu aika on 19 vuotta. Kun tarkastelu aika on 30 vuotta tulee korkokannan olla 4,4 %, jotta osastointivaihtoehto 2 tulee taloudellisesti kannattavammaksi kuin vaihtoehto 1. Vaihtoehdon 2 investoinnin takaisinmaksuaika 2 %:n korolla on 39 vuotta, kun investointia verrataan vaihtoehtoon 1, kuva 6.5. Taloudellisilla seikoilla osastoinnin rakentamista varastoon ei siis voida järkevästi perustella, koska korkokanta pitäisi olettaa erittäin alhaiseksi ja tarkastelu aika tulisi valita pitkäksi.

Taulukko 6.1. Tuotevaraston osastointivaihtoehtojen kustannusvertailun yhteenveto. Tarkempi jako on liitteessä 3. Kuvassa 6.4 on esitetty osastointivaihtoehdot.

Uuden varaston osastointi	ratkaisu- vaihtoehto	ratkaisu- vaihtoehto	ratkaisu- vaihtoehto
Osastoinnin kustannus	1	2	3
Osastoinnin investointikust.	200 000 mk (paloilmoitinjärj.)	619 000 mk	941 000 mk
Rakennuskust. mk/vuosi 10 vuotta ja 5 %	26 000 mk	80 000 mk	122 000 mk
Ylläpitokust. mk/vuosi	2 000 mk	3 000 mk	9 000 mk
Vakuutusmaksut mk/vuosi	77 000 mk	54 000 mk	54 000 mk
Omaavastuu mk/vuosi	16 000 mk	11 000 mk	11 000 mk
Kaikki yhteensä mk/vuosi	121 000 mk	148 000 mk	196 000 mk



Kuva 6.5. Osastointi-investoinnin takaisinmaksuaika (39 vuotta), kun investoinnin suuruus on 619 000 markkaa ja korko on 2 % sekä vuotuinen tuotto 11 000 mk, kun investoinnin tarkasteluaika on 40 vuotta.

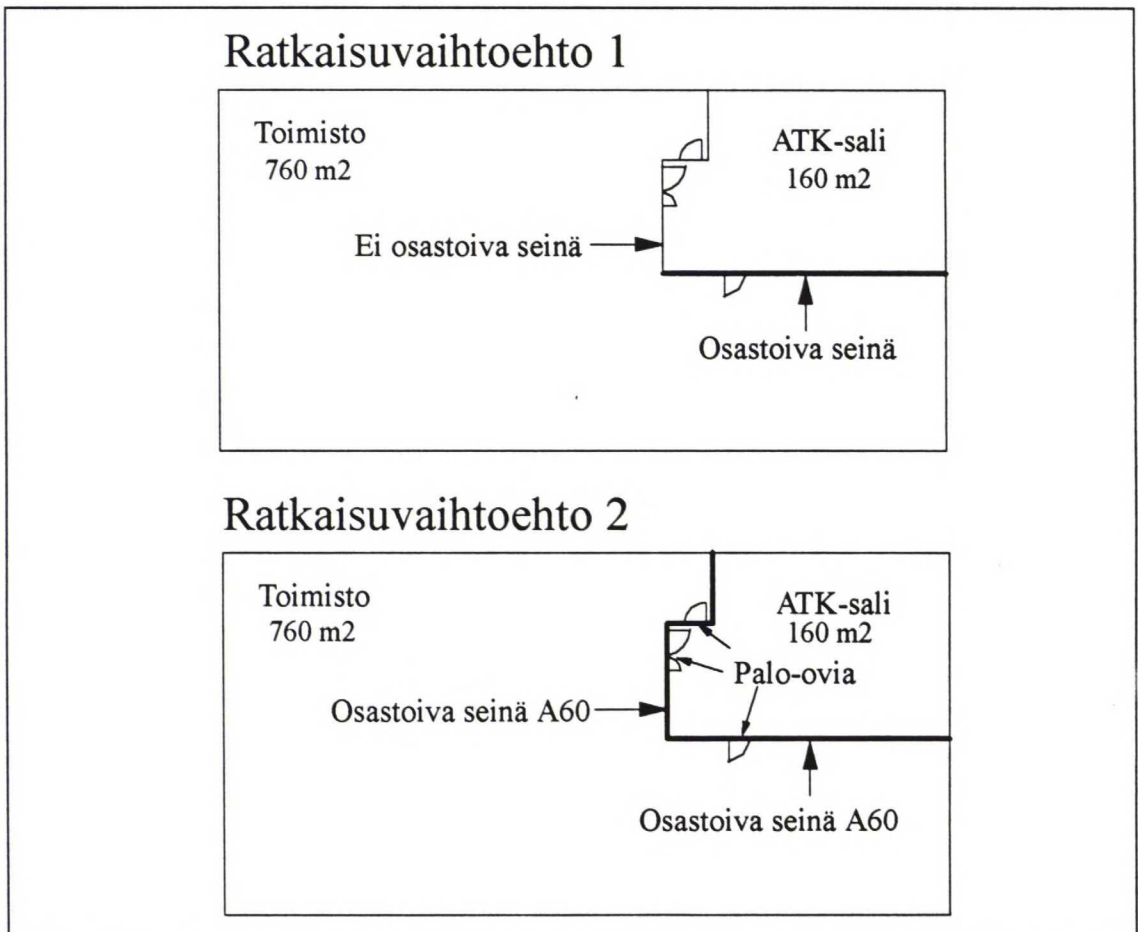
Tässä tapauksessa osastoinnin rakentamista puoltavat ei taloudelliset tekijät. Näitä tekijöitä on lueteltu aiemmin tässä luvussa kohdassa 6.1.3. Tässä tapauksessa uuden tuotevaraston tuhoutuminen täysin vaihto-omaisuuksineen vaikeuttaisi kyseisen yrityksen toimintaa. Koko varaston sisällön tuhoutuminen merkitsisi sitä, että yrityksen asiakkaat joutuisivat vaikeuksiin oman tuotantonsa kanssa ja asiakkaiden siirtyminen muiden toimittajien varaan tietäisi asiakkaan menetystä. Osastoinnin perusteena tässä tapauksessa on siis markkinoiden menetyksen pelko ja vaikeutuneet tuotanto sekä asiakassuhteet. Yrityksen imago luotettavana tavarantoimittajana voi vahingon sattuessa vaarantua ja tämä voidaan laskea myös osastointia puoltavaksi tekijäksi.

Lopulliseksi valinnaksi tässä tapauksessa edellä esitettyjen perustelujen vuoksi valittiin ratkaisuvaihtoehto 2. Tämä tarkoittaa sitä, että uusi varasto jaetaan palomuurilla kahteen 3000 m² osaan ja vanhan varaston puoleiseen pätyyn rakennetaan myös palomuri. Ratkaisuvaihtoehto 3 hylätään sen vuoksi, että sillä saavutettava hyöty kustannuksiin ja ero vaihtoehto 2:lla saavutettuun hyötyyn verrattuna on pieni ja kustannukset huomattavasti suuremmat. Näiden lisäksi lay-outin käytettävyys huononee osastoinnin yhteydessä vaikeutuneena varastointina ja varastoinnin suunnittelu vaikeutuu. Liitteessä 3 on esitetty täydelliset päätösprosessissa käytetyt tiedot.

6.2.2 ATK-laitetilan investointipäätös

Toisessa esimerkkilaskelmassa mallinnetaan ATK-tilan ja toimistotilan välistä osastoinnin investointipäätöstä. Tätä tapausta ei ole palotapausten esimerkeissä. Rakennus on yksi kerroksinen ja kantavat seinät ja yläpohja ovat betonirakenteisia. Toimistotiloissa on alaslaskettu katto, joka on palavaa materiaalia. Rakennuksen pinta-ala on 920 m², mistä ATK-salin pinta-ala on 160 m², kuva 6.6.

Tässä tapauksessa tarkastellaan kahta ratkaisuvaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa säilytetään tämän hetkinen tilanne ja osastointia ei rakenneta toimistojen ja ATK-salin väliin. Toisessa vaihtoehdossa osastointi rakennetaan toimiston ja ATK-salin väliin. Olemassa oleva seinä puretaan ja tilalle rakennetaan uusi osastoivana seinä tiilestä ja ATK-salista johtaviin oviin vaihdetaan osastoivat palo-ovet. Osastoivan seinän läpiviennit tiivistetään huolellisesti valettavaa kipsimassaa käyttäen. Osastoivaa seinää tulee muurata 40 m² ja osastoiviin oviin tulee rautalankalasi palo-ovet. Investointikustannukset eivät näiden vaatimuksien perusteella nouse kovin suuriksi, joten investointi saadaan kannattavaksi jo taloudellisen tarkastelun perustella, taulukko 6.2.

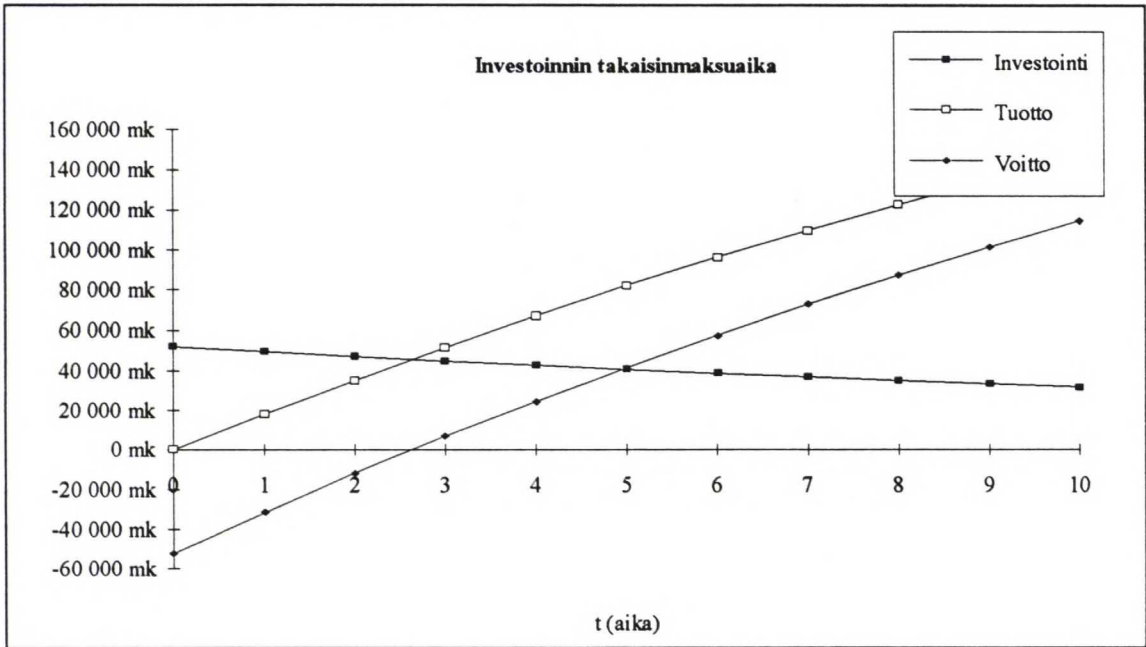


Kuva 6.6. Toimiston ja ATK-salin väliset osastointivaihtoehdot.

Taulukko 6.2. ATK-salin ja toimiston osastointivaihtoehtojen kustannusvertailun yhteenveto. Tarkempi jako on liitteessä 4. Kuvassa 6.6 on esitetty osastointivaihtoehdot.

Toimiston ja ATK-salin välinen osastointi	ratkaisu- vaihtoehto	ratkaisu- vaihtoehto
Osastoinnin kustannus	1	2
Osastoinnin investointikust.	0 mk	52 000 mk
Rakennuskust. 10 vuotta ja 5 % mk/vuosi	0 mk	7 000 mk
Ylläpitokust. mk/vuosi	0 mk	1 000 mk
Vakuutusmaksut mk/vuosi	39 000 mk	17 000 mk
Omavastuu mk/vuosi	8 000 mk	3 000 mk
Kaikki yhteensä mk/vuosi	47 000 mk	28 000 mk

Ennen osastoinnin investointia toimiston ja ATK-salin välissä on vain kevyt levyseinä, jonka ei voida katsoa olevan osastoiva. Tästä syystä koko rakennuksen vakuutusmaksutkin lasketaan vaarallisemman toiminnan perustariffin mukaisesti. ATK-sali on halon-suojattu, mistä Teollisuusvakuutuksen tariffin mukaan kuuluu alennus, joka voi olla jopa 60 %. Tämä edellyttää, että tila on osastoitu. Tässä tapauksessa näin ei ole ja siksi alen-nusta ei voida myöntää. Edellä mainittujen tekijöiden vuoksi osastoimalla ATK-sali, saa-daan rakennuksen vakuutusmaksut huomattavasti laskemaan.



Kuva 6.7. ATK-salin ja toimistotilan välisen osastoinnin investoinnin (52 000 mk) takaisinmaksuaika on 3 vuotta, kun investoinnin tarkasteluaika on 10 vuotta ja tuottovaatimus 5 % sekä vuotuinen tuotto 19 000 mk.

Taulukosta 6.2 nähdään osastoinnin olevan perusteltua jo taloudellisen tarkastelun pohjalta, eikä osastoimatta jättämiselle ole mitään perusteita. Päinvastoin, myös vaikeasti rahassa mitattavat tekijät puoltavat ATK-salin osastoimista erilliseksi palotekniseksi osastoksi. Yrityksen tehtaan tuotantoa ohjataan ATK-salissa olevilla tietokoneilla, jolloin ATK-salin tuhoutuminen vaikeuttaisi tai pysäyttäisi kokonaan tehtaan tuotannon. ATK-palvelujen menetys heikentäisi yrityksen toimitusvarmuutta, jolla olisi taas vaikutusta asiakkaiden menetykseen kilpailijoille.

Osastoinnin investoinnin takaisinmaksuaika 10 vuoden ja 5 %:n laskentaoletuksilla on 3 vuotta, kuva 6.7. Jos investoinnille asetetaan 20 %:n tuottovaatimus ja laskenta-aika on 5 vuotta, on investoinnin takaisinmaksuaika 5 vuotta. Jos investoidulle pääomalle vaaditaan 5 vuoden aikana 5 %:n tuotto, on takaisinmaksuaika 4 vuotta. Kaikilla investoinnin tuottovaatimuksilla päästään realistisiin takaisinmaksuaikoihin, joten investointi voidaan perustella pelkästään taloudellisena investointina.

7 Johtopäätökset

7.1 Osastoinnin suunnittelu

Rakennuksen lay-outin suunnittelu tulisi tehdä siten, että osastointi saadaan luonnollisesti ja tarkoituksenmukaisesti sijoitettua rakennuksen toimintaan. Huonosti sijoitettu osastointi voi heikentää rakennuksen toimivuutta ja käytännöllisyyttä sekä lisätä toiminnan kustannuksia.

Rakennusten välisille turvaetäisyyksille tulisi SRMK:n ohjeissa asettaa tiukemmat rajat ja osastoivien rakenteiden käyttöä rakennusten vastakkaisissa rakennusosissa tulisi lisätä sekä ohjeita tiukentaa. Peruslähtökohtana voisi olla ohje, jonka mukaan lähekkäisten rakennusten (≤ 15 metriä) vastakkaiset seinät tulee aina rakentaa osastoivina siten, että palon leviäminen voidaan palokunnan avustuksella torjua.

Osastoiva seinä tulee rivitaloissa aina viedä ullakkotilan läpi vesikatteen alapintaan asti ja jos paloturvallisuutta halutaan korostaa voidaan osastointi viedä vesikatteen läpi ja yli 300 mm. Räystään kautta leviävän palon ehkäisemiseksi tulee tuuletusraot levyttää umpeen rakennuslevyllä osastoivan seinän kohdalla 300 mm matkalla molemminpuolin seinää.

Levyrakenteisia ullakon osastoivia seiniä ei käytännössä voida saada niin tiiviiksi, että näillä levyrakenteilla saavutettaisiin pitkiä palonkestoaikoja. Kun rivitaloissa on henkilöturvallisuudesta kysymys, tulisi näihin paikkoihin vaatia parempia rakenneratkaisuja, esimerkiksi betonisia huoneistojen välisiä seiniä. Sähkö- yms. asennusten, levyjen kiinnitysten ja levyjen kuormitusten vaikutusta keveiden rakenteiden palonkestävyyteen tulisi tutkia lisää.

Palon leviämistodennäköisyys syttymisosastosta pienenee huomattavasti, jos rakennuksen osastoivat rakenteet valitaan paremmiksi, kuin rakennuksen paloluokan mukaan kuuluisi.

Palotapauksista kävi ilmi, että rakenteiden detaljisuunnitteluun tulisi kiinnittää suurempaa huomiota, työtavat tulee huomioida kun osastoiviin rakenteisiin kohdistuu korjaustöidenpiteitä. Osastoivien rakenteiden liittyminen muihin rakenteisiin tulee suunnitella siten, ettei osastointia mitätöidä. Räjähdysvaaralliset prosessit tulee osastoida omiksi osastoiksi.

7.2 Palo-ovet

Osastoivissa seinissä olevien palo-ovien ja ikkunoiden pinta-alan suhdetta osastoivaan seinään pitäisi rajoittaa SRMK:ssa ja TEVA:n suojeluohjeissa esimerkiksi seuraavan käytännön mukaisesti:

- Aukkojen osuus saa olla enintään 15 % osastoivan seinän pinta-alasta, mikäli aukon palonkestoajaluokka on vain puolet seinän ajaluokasta.
- Aukkojen osuus saa olla enintään 20 %, jos aukkojen palonkestoajaluokkaa parannetaan samaksi kuin aukon ympärillä olevien rakenteiden.
- Jos osastoivan rakenteen koko on pienempi kuin 15 m² voidaan aukkojen koko harkita tapauskohtaisesti.
- Aukkoja ei saa osastoivassa seinässä yhdessä palo-osastossa olla kuitenkaan enempää kuin 50 m².

Palo-ovilla on merkittävä osuus palon leviämiseen, sillä jos viidesosa palo-ovista toimii viallisesti aiheutuu tästä suuri riski palon leviämiselle palo-osastosta toiseen. Toisaalta voidaan Factory Mutualin tutkimuksen perusteella sanoa Suomessa yleisimmän palo-ovityypin olevan suhteellisen varmasti toimiva. Suomessa tulisikin kartoittaa yhdessä ovivalmistajien kanssa palo-ovien toimintaa. Tästä saatua tietoa voitaisiin käyttää hyväksi palo-ovien toimintavarmuuden parantamisessa. Palo-ovista tulisi muistaa, että ovet on pyrittävä ensisijaisesti pitämään suljettuina. Kaikkien palo-ovien suunnittelussa tulisi pyrkiä vähentämään inhimillisen tekijän vaikutusta, koska tästä aiheutuu lukuisia palo-ovien aukijäämisiä.

Saranallisten osastoivien ovien toimivuuden parantamiseksi tulisi lisätä yrityksen työntekijöiden tietoa palo-ovien merkityksestä. Saranallisen palo-oven toiminnan varmistamiseksi tulisi muistaa ettei ovien eteen saa varastoida mitään, mikä voisi estää palo-ovea sulkeutumasta palotilanteessa. Saranallisiin osastoiviin oviin olisikin hyvä asentaa automaattinen suljinlaitteisto, joka sulkisi ja avaisi palo-oven aina sen kautta kuljettaessa. Toinen vaihtoehto on pitää saranallista palo-ovea työaikana auki ja sulkea se automaattisesti palotilanteessa ja työajan päättyttyä.

7.3 Läpivientien tiivistäminen

Osastoivien rakenteiden läpi menevien aukkojen savutiiviyteen ja materiaalien savuntuotoon palotilanteessa kiinnitettävä enemmän huomiota. Kaapeliläpivientien osalta on huolestuttavaa, että edelleenkin yleisimpien läpivientien tiivistysratkaisujen joukossa on pelti/villa/pelti, sillä sen toiminta on osoittautunut epäluotettavaksi ja sillä saavutetaan

käytännössä alle 15 minuutin palonkestoaika. Pelti/villa/pelti-läpivientien käytöstä on pyrittävä eroon jakamalla suunnittelijoille, rakentajille, rakennustarkastajille ja palokunnille tietoa läpivienneistä. Hyvä sen sijaan on sementti- ja kipsipohjaisten massojen yleisyys, sillä esimerkiksi kipsipohjaisella massa voidaan tehdä vaikeitakin läpivientitiivistyksiä ja saavuttaa A240 palonkestoaikaluokka. Läpivientien ongelmana on se, ettei niiden olemassaoloa tiedosteta riittävästi, jolloin ne voivat olla täysin auki.

7.4 Osastoivien rakenteiden hyväksyntä

Tyyppihyväksytyjä tuotteita tulisi vaatia ja käyttää osastoivissa ovissa, ikkunoissa ja läpivientiratkaisuissa. Tyyppihyväksymättömien tuotteiden yhdistelmiä hyväksytään rakennustarkastajien toimesta, koska he eivät tiedä markkinoilla olevista tuotteista. Suunnittelijan ja rakennustarkastajien tietoisuutta hyväksyttävistä rakenteista tulisi lisätä.

Paloluokitusta tulisi lisätä siten, että lämpösäteilyä läpäiseviä osastoivia rakenteita varten tulisi oma paloluokka, kuten Saksassa ja Ruotsissa on jo käytössä. Uuden paloluokan perustaminen olisi ajankohtaista viimeistään siinä vaiheessa kun nykyisiä palomääräyksiä uusitaan.

7.5 Osastoinnin kustannukset ja saavutettavat edut

Osastoivien rakenteiden rakennuskustannusten arviointia varten tehty taulukkolaskenta-ohjelma antaa hyvän kuvan osastoinnin kustannusten suuruudesta. Laskennalle asetetut vaatimukset huomioiden ohjelmaa voidaan pitää hyödyllisenä työvälineenä osastoinnin kustannuksia arvioitaessa.

Rakennuskustannusten laskennan lisäksi laskentaohjelmilla voidaan vertailla eri osastointivaihtoehtojen vaikutusta rakennuksen paloturvallisuuteen, palovaaraan joutuvan omaisuuden määrää ja siitä aiheutuneet vaikutukset yrityksen toiminnalle sekä eri osastointivaihtoehtojen vaikutuksia vakuutusmaksuihin ja omavastuihin. Tätä arviointia varten kehitetty investointipäätöksen arviointimalli, joka yhdessä osastoivien rakenteiden kustannukset laskevan ohjelman kanssa antavat valmiudet perustella osastoinnin rakentamista joko taloudellisilla tai vaikeasti rahassa mitattavissa olevilla tekijöillä.

Vakuutusmaksujen ja taloudellisen vertailun suorittaminen onnistuu nykyisellä kehitetyllä mallilla jo varsin hyvin. Vaikeasti rahassa mitattavat tekijät tulee arvioida tapauskohtaisesti. Tätä varten voidaan kehittää erillinen kyselylomake, missä yrityksen katastrofi-

suunnitelmat tulee esiin ja yrityksen oma kanta osastoinnin merkitykseen sekä intressit osastoinnin rakentamiseen saadaan selvitettyä.

Molemmissa lasketuissa esimerkkitapauksissa osastointi voitiin perustella yrityksen kannalta järkevin perustein. Näistä esimerkkitapauksista havaitaan, että pelkkä osastoinnin rakentamisinvestoinnin taloudellinen tarkastelu ei ole riittävä, mutta joskus jopa pelkällä taloudellisella tarkastelulla voidaan osastoinnin rakentaminen perustella. Näiden kahden laskentaesimerkin perusteella investointipäätöksen arviointimalli on työkalu osastoinnin investointivaihtoehtoja tarkasteltaessa.

Taulukkolaskentaohjelmien kehittelyä tulee jatkaa siten, että käyttäjäystävällisyys parane ja käyttäjän tekemät muutokset ja lisäykset ovat laajemminkin mahdollisia. Näiden lisäksi vaikeasti rahassa mitattavien tekijöiden sanallisten kuvausten mahdollisuutta on lisättävä ja näiden tekijöiden tarkastelua syvennettävä.

Osastoinnilla pitäisi olla suurempi merkitys vakuutusmaksuihin eli osastoimalla rakennus useampaan palotekniseen osastoon tulisi tästä saada alennusta vakuutusmaksuihin. Vaikeutena tässä on se, ettei osastointia saada täysin pitäväksi. Tämän vuoksi periaatteessa hyvä omaisuuden suojelukeino ei ole käytännössä niin hyvä. Osastoinnin toimintavarmuus tulisi saada nykyistä huomattavasti korkeammaksi ennen kuin osastoinnille voidaan myöntää erityisiä vakuutusmaksujen alennuksia.

7.6 Osastointi riskienhallinnan osana

Yritysten tulisi kehittää kokonaisvaltaista palojen riskienhallintastrategiaa. Riskienhallinnassa tulisi ottaa huomioon aktiiviset suojaustoimenpiteet (kuten ilmaisimet, paloilmittimet, sprinklerit, savuluukut jne.) ja passiiviset suojaustoimenpiteet (kuten rakenteiden suojaus, osastointi, palomuurit, palonkestävät katot jne.) sekä henkilökunnan tietoisuuden lisääminen (esim. poistumisteistä, syttymislähteiden poistaminen, palavien materiaalien tunnistaminen, yleinen roskaaminen ja järjestyksen ylläpito).

8 Yhteenveto

Rakennuksen osastointi pienempiin paloteknisiin osastoihin on tärkeä osa viranomaisten määräyksissä olevista paloturvallisuuden minimivaatimukset täyttävien rakennusten suunnittelussa. Viranomaisten määräyksissä annetaan ohjeita rakennuksen paloluokasta, palovaarallisuusluokittelusta ja paloteknisten osastojen muodostamisesta. SRMK:ssa osastoivat rakenteet jaetaan palaviin ja palamattomiin sekä näille rakenteiden palonkestävyydelle asetetaan palonkestoajat, jonka ajan rakenteet tai rakennusosat tulee kestää paloa. Osastoivalle rakenteelle asetetaan viranomaisten määräyksissä kantokyky- ja eristävyyksivaatimuksia sekä määritellään rakenteiden testausolosuhteet. Osastoivissa rakennusosissa oleville aukkoja suojaaville rakennusosille vaaditaan vähintään puolet osastoivalle vaaditusta palonkestoajasta. Tämä johtuu siitä, että ovien ja ikkunoiden eteen ei yleensä varastoida tavaraa, joka voisi aiheuttaa palokuormitusta aukkoja suojaaville rakennusosille.

Vakuutusyhtiöiden osastointia koskevat ohjeet tähtäävät lähinnä omaisuuden suojeluun, kun SRMK:n ohjeet voidaan ajatella olevan tarkoitettu enemmän henkilöturvallisuuden varmistamiseen. Pääperiaatteena on osastoida sellaiset toiminnot ja tilat, jolla ei ole suoranaista prosessiteknistä yhteyttä keskenään tai joiden osastoinnista prosessi ei estä. Tarkoituksena on osastoida syttymislähteet (tuotanto) ja palokuorma (varasto). Osastoiville rakennusosille asetetaan vakuutusyhtiöiden ohjeissa samat vaatimukset kuin viranomaisten määräyksissä. Osastoiville oville annetaan suositus, jonka mukaan palovien tulisi olla vähintään luokkaa A60.

Viranomaisohjeista poiketen vakuutusyhtiöiden ohjeet asettavat tiukempia vaatimuksia rakennusten väliselle turvaetäisyydelle. Turvaetäisyydellä tarkoitetaan vähimmäisetäisyyttä, joka turvaa tavanomaisin palokunnan sammutustoimenpitein palon rajoittamisen syttymiskohteeseen. Vakuutusyhtiöiden ohjeissa on annettu laskennallinen kaava, millä turvaetäisyyden määrittäminen tapahtuu. Kaavaan ja samalla turvaetäisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat kohteen palovaarallisuusluokka, rakennusosien paloluokka ja ulkoseinien sekä katon palonkestävyys tai suojaus. SRMK:n ohjeiden mukaan minimietäisyys paloahdistavien rakennusten välillä on 4 metriä ja kun etäisyys kasvaa yli 8 metrin ei etäisyys aseta mitään rajoituksia SRMK:n mukaan.

Vakuutusyhtiön omaisuusriskien arviointiohjeissa jokaista tuotantoprosessia vastaa riskikuvaus, jossa kuvataan tyypillisesti tuotantoprosessiin liittyvät tekijät. Riskikuvauksilla pyritään yhtenäistämään ja selkeyttämään vakuutusmaksujen määräytymistä ja siihen liittyvää riskienhallintaa. Riskikuvausta vastaa vakuutusmaksun perusero eli perusta-

riffi, josta saadaan vakuutusmaksu kertomalla se kohteen vakuutusmäärällä. Perustariffia voidaan joutua korjaamaan rakennukseen liittyvillä tekijöillä, joita ovat osastojen muodostaminen, osastoivat rakenteet ja rakennuksen rakennustapa.

Tehokas osastointi saavutetaan käyttämällä palamattomia, massiivisia materiaaleja kuten betoni, tiili ja kevytsora. Näistä erityisesti tiili ja kyvytsoraharkot soveltuvat hyvin korjausrakentamiseen, niiden helpon rakennustavan ja variointimahdollisuuksien vuoksi. Räjähdysvaarallisissa tiloissa ei sen sijaan tiilirakenteita saa käyttää, koska ne vaarantavat henkilöturvallisuuden ja omaisuusvahinkojen määrä kasvaa vahingon sattuessa. Yleisesti räjähdysvaarallista toimintaa sisältävä prosessi tulisi osastoida omaksi palotekniseksi osastoksi käyttäen sitkeitä betoni- tai teräsrakenteita. Tämän lisäksi osasto tulee keventää turvalliseen suuntaan paineen purkavaksi, käyttäen esimerkiksi keveitä teräsohutlevy-lämmöneriste-teräsohutlevy elementtejä.

Osastointi voidaan tehdä myös keveitä levyrakenteita käyttäen, joiden ongelmana voidaan pitää tiivistämistä ympäröiviin rakenteisiin. Levyrakenteisia osastoivia seiniä käytetään pientaloissa, kuten rivitaloissa. Näissä arkoja osastointiin liittyviä paikkoja ovat räystäiden alla ja osastoivan seinän kohdalla olevat tuuletusraot sekä osastoivan seinän liittyminen vesikattoon. Osastoiva seinä tulee rivitaloissa aina viedä ullakkotilan läpi vesikatteen alapintaan asti ja jos paloturvallisuutta halutaan korostaa voidaan osastointi viedä vesikatteen läpi ja yli 300 mm.

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan osastoivien levyseiniä palonkesto aika lyhenee, kun seinässä käytetään sähkörasian upotusta. Tämän tutkimuksen mukaan palonkesto aika voi lyhentyä vaaditusta 65 minuutista 35 minuuttiin, seinään upotettujen sähkörasioiden vuoksi. Muita tässä tutkimuksessa mainitut lisätutkimuksen arvoiset detaljit ovat rakennuslevyjen kiinnitys runkoon, huonekalujen yms. kiinnitys rakennuslevyihin, levyjen raot ja naulalevyliitokset. Muiden tutkimusten mukaan sähköasiat heikentävät tunnin levyseinän palonkesto aikaan 13-23 minuuttia.

Osastoivat ovet tulee yleensä olla suljettuina ja ovet tulee varustaa sulkimella, joka sulkee oven. Jossakin tapauksissa on välttämätöntä pitää palo-ovea auki työaikana, jolloin ovi tulee varustaa automaattisella sulkimella. Palotilanteessa suljinlaitteisto voidaan käynnistää lämpösulakkeella, savu- tai lämpöilmaisimella.

USA:ssa Factory Mutualin tekemän tutkimuksen mukaan automaattisesti sulkeutuvista palo-ovista ei toiminut lainkaan tai toimi virheellisesti 18 % kaikista tutkituista palo-ovista. Suomessa Teollisuusvakuutus on tehnyt vastaavan tutkimuksen ja siinä palotilanteessa

virheellisesti toimivien palo-ovien osuus oli 21 %. Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan Suomessa yleisin käytössä oleva automaattisesti sulkeutuva palo-ovityyppi eli vastapainolla toimiva horisontaali liukuovi oli yksi parhaiten toimivista ovityypeistä, viallisten osuuden ollessa 9 %. Muita palo-ovityyppejä ovat rullaovi, kallistuvaan rataa perustuva horisontaali liukuovi, jouseen perustuva horisontaali liukuovi, vertikaali liukuovi ja saranallinen ovi.

Osastoivien lasirakenteiden ongelmana on lämpösäteilyn siirtyminen lasin läpi, minkä vuoksi lasirakenteiden liittyessä poistumisteihin niiden kokoa on rajoitettu 0,1-2 m²:ön ja niille on määritetty 1,5 metrin suojaetäisyys kulkukaistasta. Osastoivat lasirakenteet voidaan jakaa lämpösäteilyä läpi päästäviin lasirakenteisiin eli kirkkaisiin palolaseihin ja lämpösäteilyä läpäisemättömiin lasirakenteisiin eli tummuviin palolaseihin. Kirkkaita palolaseja ovat rautalankalasi, lasitiili ja kerrostetut lasit. Tummuvien palolasien toiminta perustuu lasien välissä olevan geelin toimintaan, joka tulipalon sattuessa absorboi lämpösäteilyä muuttuen asteittain läpinäkymättömäksi vaahdoksi.

Osastoivan rakenteet läpäisevät kaapelit ja putki- sekä ilmastointiläpiviennit tulee tiivistää läpimenokohdastaan siten, että palo ei leviä osastosta toiseen. Kaapeliläpivientien sulkemisjärjestelmiä ovat tiiviste-elementit, paisuvat massat, valumassat, palolevyt, läpivientiputket ja mineraalivillasulut. Näistä varmatoimisimpia sulkemisjärjestelmiä ovat tiiviste-elementit ja valumassat. Läpivientien tiivistysratkaisuja on tyyppihyväksytty useita, joita tulisikin käyttää läpivientien tiivistykseen.

VTT:n kunnan palolaitoksille ja rakennustarkastajille lähetetyn kyselytutkimuksen mukaan 39 % vastaajista oli sitä mieltä, että yleisin kaapeliläpivientien sulkemisjärjestelmä on valettu sementtipohjainen massa. 25 % oli sitä mieltä, että yleisin on pelti/villa/pelti. Vastaajista 25 % arvioi toiseksi yleisimmän läpivientien tiivistysratkaisun olevan kipsipohjainen valumassa.

Tulipalon etenemisen kannalta kriittisiä kombinaatioita rakennuksessa etsittiin luvussa 4.3 tilastollisin keinoin. Saadut tulokset eivät ole täysin luotettavia, mutta antavat suuntaa näyttäviä tuloksia. Näiden tilastojen mukaan rakennuksen ollessa paloapidättävä ja osastoivan rakennusosan palonluokka on B30 sekä rakennusosaan liittyy saranallinen palo-ovi, on palon leviämisen todennäköisyys syttymisosastosta 0,57. Rakennuksen ollessa paloahdistava, osastoiva rakennusosa A120 ja palo-ovi horisontaali liukuovi, on todennäköisyys palon leviämislle 0,33. Rakennuksen ollessa taas palonkestävä, osastoiva rakennusosa A120 ja palo-ovi horisontaali liukuovi, on todennäköisyys palon leviämislle 0,16.

Palotapauksia tarkasteltiin yksityiskohtaisesti, jolloin saatiin kokonaiskuva palotilanteesta olevista olosuhteista ja osastoinnin osallisuudesta palotapahtumaan. Palotapauksia oli kaikkiaan viisi, joissa kaikissa osastointi oli mukana joko palon etenemisen pysäyttäneenä rakenteena tai palo oli päässyt etenemään osastoinnista huolimatta eteenpäin. Palomuurien voidaan todeta muodostavan suhteellisen varman ja tiiviin osastoinnin, jota voidaan suositella aina.

Osastoivien rakenteiden rakennuspäätökseen vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan luvussa 6. Osastoinnin kustannukset jaetaan hankintakustannuksiin, ylläpitokustannuksiin ja riskikustannuksiin. Osastoinnin investointipäätöstä varten tehtiin kaksi taulukkolaskentaohjelmaa, joissa toisessa lasketaan osastoivien rakenteiden rakennuskustannukset. Toisessa taulukkolaskentaohjelmassa tarkastellaan osastoinnin vaikutuksia rakennuksen vakuutusmaksuihin, omavastuihin, kokonaisvahinkojen määrään (EML) ja tarkastelussa otetaan huomioon myös vaikeasti rahassa mitattavat tekijät. Näin saadaan kaikki investointipäätökseen vaikuttavat tekijät samalle viivalle ja eri osastointivaihtoehtojen vertailu on helppoa, kun kaikki päätökseen tarvittavat tiedot on kerätty samalle lomakkeelle.

Tätä investoinnin päätösmallia on testattu kahden todellisen kohteen avulla. Ensimmäisessä kohteessa varaston rakentamisen yhteydessä tällä mallilla testataan erilaisten osastointivaihtoehtojen käyttökelpoisuutta. Tässä tapauksessa investoinnit ovat niin suuria ettei osastoinnin rakentamista voida perustella taloudellisilla näkökohdilla. Tässä tapauksessa osastoinnin rakentamista puoltavat markkinoiden menetys, vaikeutunut tuotanto ja asiakassuhteet sekä yrityksen imagon kärsiminen. Toisessa tapauksessa olemassa olevaan rakennukseen tulisi rakentaa osastointi ATK-salin ja toimistotilojen välille. Tässä tarkastelussa osastointi tulee jo taloudellisessa tarkastelussa kannattavaksi alentuneiden vakuutusmaksujen vuoksi. Tällöin osastoinnin rakentaminen on helppo perustella, koska hän näkee suoraa vuosituloa osastoinnista ja rakentamisen takaisinmaksuaika on vain 3 vuotta.

LÄHDELUETTELO

1. Sisäasianministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1 1981. Rakenteellinen paloturvallisuus. 19 s.
2. Inha Timo, Kallioniemi Pekka, Teräsrakenteiden palosuunnittelu. Teräsrakenneyhdistys. Vantaa 1991. 224 s.
3. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Rakenteellinen palonturvallisuus Määräysten soveltamisesimerkkejä. Tiedotuksia 6/1983. Helsinki 1983. 100 s.
4. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma E2 1985. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. 8 s.
5. Aarnio Markku, Uusi tuotanto- ja varastorakennusten ohje (E2). Pelastustieto 4/94. s. 42-43.
6. Suomen Rakennusinsinöörien liitto, RIL 195-2-1993; Rakenteellinen paloturvallisuus II, Tuotanto- ja varastorakennukset. Lahti 1993. 79 s.
7. Suomen Rakennusinsinöörien liitto, RIL K51-1985; Rakennusten ja rakennusosien palotekninen suunnittelu. Helsinki 1985. 181 s.
8. Teollisuusvakuutus, Suojeluohje B2: Palo-osastointi. Helsinki 1986. 8 s.
9. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma B4 1993. Betonirakenteet. 73 s.
10. Teollisuusvakuutus, Omaisuusvakuutuksen maksuperusteet ja omaisuusriskin arviointiohje. Helsinki 1988. 72 s. (Luottamuksellinen)
11. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma B8 1989. Tiilirakenteet. 14 s.
12. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma B5 1987. Kevytbetoniharkkorakenteet. 8 s.
13. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma B9 1993. Betoniharkkorakenteet. 22 s.
14. Kordina, Meyer-Ottens, Beton Brandschutz Handbuch. Beton-Verlag, Düsseldorf 1981. 407 s.
15. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma E2 1995. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. 13 s.
16. Colonia Versicherung, Brandwände und Komplextrennwände, Merkblatt für die Anordnung und Ausführung. Saksa. 17 s.

17. Gore Willse Peter J., Smith Anson C.. Understanding Fire Walls. When properly applied, these last lines of defense significantly limit damage and downtime. Plant Engineering. June 3, 1993. s. 88-92.
18. Hongisto Risto, Säkkinen Lasse, Tiitto Tiina, Partanen Aarno, Palokirja 1988. Helsinki 1988. Oy Partek Ab. 107 s.
19. Kordina, Meyer-Ottens, Holz Brandschutz Handbuch. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München 1983. 286 s.
20. Anders Paulsson, Bjerking Ingenjörbyrå AB, Trä och brand, Byggnadsteknisk detaljutformning, Avskiljande träkonstruktioner. Uppsala 1990. 13 s.
21. Månsson Lennart, SP, Byggnadsteknisk detaljutformning - Experimentel del. Borås 1990. 37 s.
22. Platt David G.. A Probabilistic Model of Fire Spread with Time Effects. Fire Safety Journal. Vol. 22, No. 4, 1994. s. 367-398.
23. Ympäristöministeriön tyyppihyväksyntäpäättös No 5180/533/90. Liitteenä on tuoteohje. 2 s. + liitteet 16 s.
24. Leino Tapio, Salmi Pekka, Myllymäki Jukka. VTT Tiedotteita 1320. Ohutlevyrakenteiden palonkesto. Rakenteiden analysointi tietokoneella. Ohjelmat ja menetelmät. Helsinki 1992. 106 s.
25. Fire Protection Handbook, 16th edition. National Fire Protection Association. 1986.
26. Ympäristöministeriö, Rakennusalan tyyppihyväksyntäluettelo 1994. Helsinki 1994. 125 s.
27. Ympäristöministeriö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma E6 1991. Osastoivat ovet. 8 s.
28. Aarnio Markku, Osastoivat lasirakenteet. Palontorjunta 8/90. s. 40-41.
29. The Intumescent Fire Seals Association (ifsa), The Role of Intumescent Materials in Timber and Metal Based Fire Resisting Glazing Systems. Englanti 1993. 11 s.
30. Länsilasi OY / Saint-Gobain, Contraflam Paloturvallisuuslasi. Belgia 1991, 11 s.
31. Factory Mutual System, Protection of openings. Supersedes handbook chapter 7. USA 1976. 12 s.

32. Laaksonen Juha-Pekka. Rakennusaikaiset läpivientien sulkemisjärjestelmät. Teknillinen korkeakoulu. Espoo 1993. 70 s.
33. Kajastila Riitta. Kaapeliläpivientien paloturvallisuus. Kaapeliläpivientien tilanne käytännön rakentamisessa, CEN:n koemenetelmäehdotuksen testaaminen. VTT/PAL Espoo 1993. 11 s. + liitteet 93 s.
34. Svenska Brandförsvarsföreningen (SBF). Rör genomföringar - brandskyddstekniska lösningar. Ystad 1989. 20 s.
35. Teollisuusvakuutus, Suojeluohje D7: Ilmanvaihtolaitteet. Helsinki 1986. 8 s.
36. Lautkaski Risto, Ikkunoiden rikkoutuminen räjähdyksessä. Palontorjuntatekniikka 3/93. s.24-26.
37. Parlor Bill. A passive perspective. Fire Prevention 271 July/August 1994. s. 20-22.
38. Impola Mirja. Kattorakenteiden vaikutus palovahinkoihin. Teknillinen korkeakoulu. Espoo 1993. 111 s.
39. Macpherson Allan. Failings in fire doors. Fire Prevention 251 July/August 1992. s. 25-28.
40. Luhtasela Jorma. Tutkimus palo-ovien toiminnasta. Teollisuusvakuutus 3/1985. s. 30-33.
41. Tuula Valtanen, Odottamaton reaktio ehkä syy räjähdykseen Kemiralla. Helsingin Sanomat 10.6.1994.
42. Teollisuusvakuutus, Suojeluohje B1: Turvaetäisyydet. Myllykoski 1987. 3 s.
43. Juhani Katajamäki, Hankala kattopalo työllisti Vantaalla. Pelastustieto 4/94.
44. Ympäristöministeriö, Rakenteellinen paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Opas 3 1992. Helsinki 1992. 26 s.
45. Haahtela Yrjänä, Kiiras Juhani. Talonrakennuksen Kustannustieto 1994 Uudisrakentaminen. Helsinki 1994. 531 s.
46. Haahtela Yrjänä, Kiiras Juhani. Talonrakennuksen Kustannustieto 1994 Korjausrakentaminen. Helsinki 1994. 669 s.

Kohde:		Rak.kust.indeksi		102,1
Laskija:				yhteensä
TALO-80	Palokk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks
				mk

VANHOJEN RAKENTEIDEN PURKU

	Väliseinät			
32	ei kantavan massiiviseinän purku	m2	190	0
32	kantavan bet.seinän korvaaminen pilari-palkki-rakenteella, jv 2...3 m	m2	740	0
32	kantavan massiivitiiliseinän korvaaminen pilari-palkkirakenteella, jv 2...3 m	m2	1 350	0
	Laatat			
33	2-50 m2 aukko betonilaattaan	m2	660	0
33	laattaelementin poisto nosturilla	m2	250	0
	Ulkoseinät			
35	massiivisen ulkoseinän purku	m2	250	0
35	tiiliverhouksen purku	m2	50	0
	Ikkunat			
41	puuikkunoiden purku, karmien irroitus	m2	60	0
	Ovet			
43	teräsrakenteisen palo-oven purku	kpl	200	0
43	puuvälioven purku	kpl	50	0

UUSIEN RAKENTEIDEN ASENTAMINEN

OSASTOIVAT SEINÄRAKENTEET

Kantavat väliseinät					
45	B30	kevytrakenteinen, puurunko	m2	100	0
45	A60	harkkoseinä 100 mm	m2	130	0
32	A120	paikallavalettu betoni 160 mm	m2	160	0
45	A120	puhtaaksimuuraus 130 mm	m2	230	0
32	A180	betonielementti 180 mm	m2	220	0
Kantamattomat väliseinät					
45	B30	kevytrakenteinen, metallirunko	m2	130	0
45	B60	kevytrakenteinen, puurunko	m2	80	0
45	B60	kevytrakenteinen, metallirunko	m2	190	0
45	B90	kevytrakenteinen, metallirunko	m2	210	0
45	A60	harkkoseinä 75 mm	m2	110	0
45	A60	puhtaaksimuuraus 85 mm	m2	220	0
45	A180	peltikasettielementti	m2	200	0
Ulkoseinä					
35	A60	harkkoseinä+pinnoitus	m2	400	0
35	A60	kantamaton betoni sandwich-elementti	m2	540	0
35	A120	kantava paikallavalettu betoni+tiiliverhous	m2	460	0
35	A180	peltikasettielementti	m2	330	0

Kohde:	Rak.kust.indeksi			102,1
Laskija:				yhteensä
TALO-80	Palokk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks
OSASTOIVAT VÄLI- JA YLÄPOHJARAKENTEET				mk

Kantavat väli- ja yläpohjat					
33	A60	ontelolaatta 150 mm	m2	150	0
33/37/51	A60	ontelolaatta+lämmöneristys+vesieristys	m2	340	0
33	A120	palo-ontelolaatta 400 mm	m2	240	0
33	A180	paikallavalettu betonilaatta 160 mm	m2	170	0
33	A240	paikallavalettu betonilaatta 190 mm	m2	200	0
Itsensä kantavia yläpohjia					
37/51	A30	palosuojaus+profiilipelti+lämmöneristys+ve	m2	250	0
37	A	peltikasettielementti	m2	270	0
Osastointia parantavat muut rakenteet (esim. erillinen runko)			kpl		0

OSASTOIVAT LASIRAKENTEET

Lämpösäteilyä läpäisevät lasirakenteet (kirkkaat palolasit)					
41	A30	rautalankalasi	m2	1 100	0
41	A30	laminoitu lasi	m2	1 300	0
41	A30	lasitiili	m2	1 200	0
Lämpösäteilyä läpäisemättömät lasirakenteet (tummuvat palolasit)					
41	A30	tummuva palolasi	m2	2 600	0
41	A60	tummuva palolasi	m2	3 400	0
41	A90	tummuva palolasi	m2	4 300	0

OSASTOIVAT OVET

43	A30	rautalankalasi palo-ovi (0,9+0,3)*2,1	kpl	7 000	0
43	A30	rautalankalasi palo-ovi 1,0*2,1	kpl	4 700	0
43	A60	umpipalo-ovi, vakiolaatu 0,9*2,1	kpl	1 500	0
44	A120	Liukupalo-ovi 2,5*3,0	kpl	12 000	0
44	A120	Liukupalo-ovi 3,5*5,0	kpl	21 000	0
43		Automaattinen oven sulkujärjestelmä	kpl	7 300	0

OSASTOIVAT LÄPIVIENNIIT

Kaapeliläpiviennit					
Aukon koko 0,1 m2					
A60	kaapelitiiviste-elementti	kpl	2 850	0	
A60	kipsipohjainen valumassa	m2	3 600	0	
Aukon koko 0,2-0,3 m2					
A60	kaapelitiiviste-elementti	kpl	8 500	0	
A60	kipsipohjainen valumassa	m2	2 850	0	
Aukon koko 0,1 m2					
A240	kipsipohjainen valumassa	m2	7 200	0	
Aukon koko 0,2-0,3 m2					
A240	kipsipohjainen valumassa	m2	5 700	0	
Putkiläpiviennit					
Aukon koko yli 0,3 m2					
A60	kipsipohjainen valumassa	m2	1 350	0	

Kohde:		Rak.kust.indeksi		102,1
Laskija:				yhteensä
TALO-80	Palolk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks
SAMMUTUS- JA PALOILMOITUSJÄRJESTELMÄT				mk



Sprinklerilaitteisto	m2	0
Paloilmoitin	m2	0

ALUEELLINEN KUSTANNUSMUUTOS JA KATE SEKÄ RAKENNUTTAJAN KUST

pääkaupunkiseutu +15%	%	0
muu maa +0%	%	0
"syRJäseutulisa" +5%	%	0
Kate 2-9%	5	%
Rakennuttajan kustannukset 7,5-17,0 %	8,5	%

Rakennuttajan kustannukset	0
Rakennusosat	0
Työmaan yhteiskustannukset	0
Rakennustekniset työt yhteensä	0
Kate	0
Alueellinen kust.muutos	0
Indeksimuutos	0
Kaikki yhteensä mk	0
ALV:n lisäys 22%	0
ALV hinta yhteensä mk	0

OMAISUUSVAKUUTUSMAKSU

KOHDE:
Ratkaisuvaihtoehto:

Osasto	1	2	3
Osaston nro			
Osaston tiedot Tariffiluokka			
Vakuutusmäärä (1 000 mk)			
Perustariffi			
Rakennustapa B=B1*B2			
Palotoimi, vartiointi, sam.v			
Sammutuslaitteisto			
Osastointi			
Varasto/tuotanto C1			
Pinta-ala C2			
Korkeus C3			
Tariffiluokkakoh. kerroin C4			
Osas.vaik.=C1*C2*C3*C4	0,00	0,00	0,00
Osaston tariffi	0,00	0,00	0,00
Naapuruusvaikutuskerroin			
Mistä osastosta			
Lopullinen tariffi	0,00	0,00	0,00
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)	0 mk	0 mk	0 mk
Rakennuksen omaisuus-			
vakuutusmaksu vuodessa yht.	0 mk		

KOKONAISTALOUELLISUUDEN VERTAILU

KOHDE: 0

KUSTANNUSVERTAILU

Investoinnin tarkastelu-aika 10 vuotta

Investoinnin korkokanta 5 %

Kohteen ratkaisuvaihtoehto	0	0	0	0
INVESTOINTIKUSTANNUKSET				
Osastoivien rakent. investointi yhteensä				
Rakennuskustannus mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
YLLÄPITOKUSTANNUKSET				
Käyttökulut mk/vuosi				
Huoltokulut mk/vuosi				
VAKUUTUSMAKSU				
Omaisuuksivakuutus mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
Keskeytysvakuutus mk/vuosi				
OMAVASTUU				
Ehdollinen 20 000 mk				
Omaisuuksien osalta mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
7. vrk omavastuu-aika				
Keskeytyksen osalta mk/vuosi				
KAIKKI YHTEENSA mk/vuosi	0 mk	0 mk	0 mk	0 mk
vuosikustannuksen ero edelliseen		0 mk	0 mk	0 mk

"+"=erotuksen osoittaman verran edullisempi

"-"=erotuksen verran kalliimpi

Tuotevarasto, 2. osastoa			Rak.kust.indeksi		102,1
PMI					yhteensä
Palolk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks	mk	
A180	peltikasettielementti	480	m2	200	96 000
A180	peltikasettielementti	480	m2	330	158 400
Osastointia parantavat muut rakenteet (esim. erillinen runko)		1	kpl	10 000	10 000
A60	umpipalo-ovi, vakiolaatu 0,9*2,1	2	kpl	1 500	3 000
A120	Liukupalo-ovi 3,5*5,0	2	kpl	21 000	42 000

Rakennuttajan kustannukset	38 000
Rakennusosat	309 000
Työmaan yhteiskustannukset	136 000
Rakennustekniset työt yhteensä	483 000
Kate	22 000
Alueellinen kust.muutos	0
Indeksimuutos	2 000
Kaikki yhteensä mk	507 000
ALV:n lisäys 22%	112 000
ALV hinta yhteensä mk	619 000

Tuotevarasto, 4. osastoa			Rak.kust.indeksi		102,1
PMI					yhteensä
Palolk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks	mk	
A60	harkkoseinä 75 mm	820	m2	110	90 200
A180	peltikasettielementti	480	m2	200	96 000
A180	peltikasettielementti	480	m2	330	158 400
Osastointia parantavat muut rakenteet (esim. erillinen runko)		1	kpl	10 000	10 000
A60	umpipalo-ovi, vakiolaatu 0,9*2,1	4	kpl	1 500	6 000
A120	Liukupalo-ovi 3,5*5,0	4	kpl	21 000	84 000
A60	kipsipohjainen valumassa	1	m2	3 600	3 600

Rakennuttajan kustannukset	57 000
Rakennusosat	448 000
Työmaan yhteiskustannukset	228 000
Rakennustekniset työt yhteensä	733 000
Kate	34 000
Alueellinen kust.muutos	0
Indeksimuutos	4 000
Kaikki yhteensä mk	771 000
ALV:n lisäys 22%	170 000
ALV hinta yhteensä mk	941 000

OMAISUUSVAKUUTUSMAKSU

KOHDE: Tuotevarasto

Ratkaisuvaihtoehto: 1 osasto

Osasto	1 rakennus	2 rakennus			
Osaston nro	1	2	3	4	5
Osaston tiedot	Tariffiluokka	952	952		
Vakuutusmäärä (1 000 mk)	27 500	13 750			
Perustariffi	0,9	0,9			
Rakennustapa B=B1*B2	1,10	2,31			
Palotoimi, vartiointi, sam.v	0,63	0,74			
Osastointi					
Varasto/tuotanto C1	1,00	1,00			
Pinta-ala C2	1,07	1,00			
Korkeus C3	1,14	1,07			
Tariffiluokkakoh. kerroin C4	1,00	1,00			
Osas.vaik.=C1*C2*C3*C4	1,22	1,07	0,00	0,00	0,00
Osaston tariffi	0,76	1,65	0,00	0,00	0,00
Naapuruusvaikutuskerroin	0,72				
Mistä osastosta	2				
Lopullinen tariffi	1,40	1,65	0,00	0,00	0,00
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)	38 000 mk	23 000 mk	0 mk	0 mk	0 mk
Rakennuksen omaisuus-					
vakuutusmaksu vuodessa yht.	61 000 mk				

OMAISUUSVAKUUTUSMAKSU

KOHDE: Tuotevarasto
Ratkaisuvaihtoehto: 2 osastoa

Osasto	1 varasto	2 varasto	2 rakennus		
Osaston nro	1	2	3	4	5
Osaston tiedot Tariffiluokka	952	952	952		
Vakuutusmäärä (1 000 mk)	13 750	13 750	13 750		
Perustariffi	0,9	0,9	0,9		
Rakennustapa B=B1*B2	1,10	1,10	2,31		
Palotoimi, vartiointi, sam.v	0,74	0,74	0,74		
Osastointi					
Varasto/tuotanto C1	1,00	1,00	1,00		
Pinta-ala C2	1,00	1,00	1,00		
Korkeus C3	1,14	1,14	1,07		
Tariffiluokkakoh. kerroin C4	1,00	1,00	1,00		
Osas.vaik.=C1*C2*C3*C4	1,14	1,14	1,07	0,00	0,00
Osaston tariffi	0,84	0,84	1,65	0,00	0,00
Naapuruusvaikutuskerroin					
Mistä osastosta					
Lopullinen tariffi	0,84	0,84	1,65	0,00	0,00
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)	11 484 mk	11 484 mk	22 635 mk	0 mk	0 mk
Rakennuksen omaisuus-					
vakuutusmaksu vuodessa yht.	46 000 mk				

OMAIUUUVAKUUTUSMAKSU

KOHDE: Tuotevarasto

Ratkaisuvaihtoehto: 4 osastoa

Osasto	1 varasto	2 varasto	3 varasto	4 varasto	2 rakennus
Osaston nro	1	2	3	4	5
Osaston tiedot Tariffiluokka	952	952	952	952	952
Vakuutusmäärä (1 000 mk)	6 875	6 875	6 875	6 875	13 750
Perustariffi	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Rakennustapa B=B1*B2	1,10	1,10	1,10	1,10	2,31
Palotoimi, vartiointi, sam.v	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Osastointi					
Varasto/tuotanto C1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pinta-ala C2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Korkeus C3	1,14	1,14	1,14	1,14	1,07
Tariffiluokkakoh. kerroin C4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Osas.vaik.=C1*C2*C3*C4	1,14	1,14	1,14	1,14	1,07
Osaston tariffi	0,84	0,84	0,84	0,84	1,65
Naapuruusvaikutuskerroin					
Mistä osastosta					
Lopullinen tariffi	0,84	0,84	0,84	0,84	1,65
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)	5 742 mk	5 742 mk	5 742 mk	5 742 mk	22 635 mk
Rakennuksen omaisuus-					
vakuutusmaksu vuodessa yht.	46 000 mk				

KOKONAISTALOUDELLISUUDEN VERTAILU

KOHDE: Tuotevarasto

KUSTANNUSVERTAILU

Investoinnin tarkastelu aika 10 vuotta
Investoinnin korkokanta 5,00 %

Kohteen ratkaisuvaihtoehto		1 osasto	2 osastoa	4 osastoa
INVESTOINTIKUSTANNUKSET				
Osastoivien rakent. investointi yhteensä		200 000 mk	619 000 mk	941 000 mk
Rakennuskustannus	mk/vuosi	25 900 mk	80 160 mk	121 860 mk
YLLÄPITOKUSTANNUKSET				
Käyttökulut	mk/vuosi	0 mk	1 000 mk	3 000 mk
Huoltokulut	mk/vuosi	2 000 mk	2 000 mk	6 000 mk
VAKUUTUSMAKSU				
Omaisuusvakuutus	mk/vuosi	61 000 mk	46 000 mk	46 000 mk
Keskeytysvakuutus	mk/vuosi	16 000 mk	8 000 mk	8 000 mk
OMAVASTUU				
Ehdollinen	20 000 mk			
Omaisuuuden osalta	mk/vuosi	12 000 mk	9 000 mk	9 000 mk
7. vrk omavastuu aika				
Keskeytyksen osalta	mk/vuosi	4 000 mk	2 000 mk	2 000 mk
KAIKKI YHTEENSÄ mk/vuosi		121 000 mk	148 000 mk	196 000 mk
vuosikustannuksen ero edelliseen			-27 000 mk	-48 000 mk

"+"=erotuksen osoittaman verran edullisempi

"- "=erotuksen verran kalliimpi

OSASTOIVIEN RAKENTEIDEN INVESTOINTI- PÄÄTÖKSEEN TARVITTAVAT TIEDOT

KOHDE: Tuotevarasto

RISKIVERTAILU		1=paras, 3=huonoin		
Kohteen ratkaisuvaihtoehto		1 osasto	2 osastoa	4 osastoa
KUSTANNUKSET				
Kaikki yhteensä	mk/ vuosi	121 000 mk	148 000 mk	196 000 mk
SUURIN MAHDOLLINEN VAHINKO				
EML (milj. mk)		39,2	15,1	13,1
Keskeytysajasta aiheutuva muu haitta:		–	–	–
MARKKINOIDEN MENETYS				
Arvioinnin perusteet:				
Ei haluta menettää asiakkaita kilpailijoille		③	②	①
Tuotannon järjestäminen vaikeutuu				
Asiakassuhteet kärsivät				
MUUT VAIKUTTAVAT TEKIJÄT				
Yrityksen imago		③	①	①
Ympäristöhaitat		–	–	–
Lay-outin toimivuus		②	①	③
LOPULLINEN VALINTA		③	①	②

ATK-sali/toimisto, osastointi			Rak.kust.indeksi		102,1
PMI					yhteensä
Palolk.	NIMIKE	MÄÄRÄ YKS	mk/yks	mk	
	Kevytseinän purku	40	m2	20	800
	puuvälioven purku	3	kpl	50	150
A60	puhtaaksimuuraus 85 mm	40	m2	220	8 800
A30	rautalankalasi palo-ovi (0,9+0,3)*2,1	1	kpl	7 000	7 000
A30	rautalankalasi palo-ovi 1,0*2,1	1	kpl	4 700	4 700
A60	umpipalo-ovi, vakiolaatu 0,9*2,1	1	kpl	1 500	1 500
A60	kipsipohjainen valumassa	1	m2	3 600	3 600
A60	kipsipohjainen valumassa	0,3	m2	2 850	855

Rakennuttajan kustannukset	3 000
Rakennusosat	27 000
Työmaan yhteiskustannukset	11 000
Rakennustekniset työt yhteensä	41 000
Kate	2 000
Alueellinen kust.muutos	0
Indeksimuutos	0
Kaikki yhteensä mk	43 000
ALV:n lisäys 22%	9 000
ALV hinta yhteensä mk	52 000

OMAIUUSVAKUUTUSMAKSU

KOHDE: ATK-sali/toimisto

Ratkaisuvaihtoehto: Ei osast.

Osasto		Tmsto+ATK-sali	2	3
Osaston tiedot	Osaston nro Tariffiluokka	1 940		
Vakuutusmäärä (1 000 mk)		14 900		
Perustariffi		0,4		
Rakennustapa B=B1*B2		6,50		
Palotoimi, vartiointi, sam.v		1		
Osastointi				
Varasto/tuotanto C1		1,00		
Pinta-ala C2		1,00		
Korkeus C3		1,00		
Tariffiluokkakoh. kerroin C4		1,00		
Osas.vaik.=C1*C2*C3*C4		1,00	0,00	0,00
Osaston tariffi		2,60	0,00	0,00
Naapuruusvaikutuskerroin				
Mistä osastosta				
Lopullinen tariffi		2,60	0,00	0,00
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)		38 740 mk	0 mk	0 mk
Rakennuksen omaisuus- vakuutusmaksu vuodessa yht.		39 000 mk		

OMAISUUSVAKUUTUSMAKSU

KOHDE: ATK-sali/toimisto

Ratkaisuvaihtoehto: Osastoid.

Osasto		Tmsto	ATK-sali	
Osaston nro		1	2	3
Osaston tiedot	Tariffiluokka	940	941	
Vakuutusmäärä (1 000 mk)		9 300	5 600	
Perustariffi		0,2	0,4	
Rakennustapa $B=B1*B2$		6,50	3,20	
Palotoimi, vartiointi, sam.v		1	0,3	
Osastointi				
Varasto/tuotanto C1		1,00	1,00	
Pinta-ala C2		0,95	1,00	
Korkeus C3		1,00	1,00	
Tariffiluokkakoh. kerroin C4		1,00	1,00	
Osas.vaik.= $C1*C2*C3*C4$		0,95	1,00	0,00
Osaston tariffi		1,24	0,38	0,00
Naapuruusvaikutuskerroin			0,7	
Mistä osastosta			1	
Lopullinen tariffi		1,24	0,98	0,00
Vakuutusmaksu (mk/vuosi)		11 486 mk	5 486 mk	0 mk
Rakennuksen omaisuus-				
vakuutusmaksu vuodessa yht.		17 000 mk		

KOKONAISTALOUEDELLISUUDEN VERTAILU
KOHDE: ATK-sali/toimisto

KUSTANNUSVERTAILU

Investoinnin tarkastelu aika 10 vuotta
Investoinnin korkokanta 5 %

Kohteen ratkaisuvaihtoehto		Ei osast.	Osastoid.
INVESTOINTIKUSTANNUKSET			
Osastoivien rakent. investointi yhteensä			52 000 mk
Rakennuskustannus	mk/vuosi	0 mk	7 000 mk
YLLÄPITOKUSTANNUKSET			
Käyttökulut	mk/vuosi	0 mk	0 mk
Huoltokulut	mk/vuosi	0 mk	1 000 mk
VAKUUTUSMAKSU			
Omaisuuksivakuutus	mk/vuosi	39 000 mk	17 000 mk
Keskeytysvakuutus	mk/vuosi		
OMAVASTUU			
Ehdollinen 20 000 mk			
Omaisuuksien osalta	mk/vuosi	8000	3000
7. vrk omavastuu aika			
Keskeytyksen osalta	mk/vuosi		
KAIKKI YHTEENSÄ mk/vuosi		47 000 mk	28 000 mk
vuosikustannuksen ero edelliseen			19 000 mk

"+"=erotuksen osoittaman verran edullisempi

"-"=erotuksen verran kalliimpi

OSASTOIVIEN RAKENTEIDEN INVESTOINTI-
PÄÄTÖKSEEN TARVITTAVAT TIEDOT

KOHDE: ATK-sali/toimisto

RISKIVERTAILU		1=Paras, 2=Huonoin	
Kohteen ratkaisuvaihtoehto		Ei osast.	Osastoid.
KUSTANNUKSET			
Kaikki yhteensä	mk/ vuosi	47 000 mk	28 000 mk
SUURIN MAHDOLLINEN VAHINKO			
EML (milj. mk)		0	0
Keskeytysajasta aiheutuva muu haitta			
ATK-palveluiden menetys vähentäisi työtehoa tehdasalueen rakennuksissa		②	①
MARKKINOIDEN MENETYS			
Arvioinnin perusteet:		-	-
MUUT VAIKUTTAVAT TEKIJÄT			
Yrityksen imago		-	-
Ympäristöhaitat		-	-
Omavastuu	mk/vuosi	0 mk	0 mk
LOPULLINEN VALINTA		②	①